GEOTECNOLOGIAS

Aplicações na Cadeia Produtiva do Leite

Marcos Cicarini Hott
Ricardo Guimarães Andrade
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior
(Organizadores)

Ano 2022

GEOTECNOLOGIAS

Aplicações na Cadeia Produtiva do Leite

Marcos Cicarini Hott
Ricardo Guimarães Andrade
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior
(Organizadores)

Ano 2022

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Daphynny Pamplona
Gabriel Motomu Teshima
Luiza Alves Batista
Natália Sandrini de Azevedo
Imagens da capa
iStock
INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

CIÊNCIAS
EXATAS E
DA TERRA E
ENGENHARIAS

Atena
Editora
Ano 2022

Geotecnologias: aplicações na cadeia produtiva do leite

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Bruno Oliveira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Marcos Cicarini Hott
Ricardo Guimarães Andrade
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G352 Geotecnologias: aplicações na cadeia produtiva do leite / Organizadores Marcos Cicarini Hott, Ricardo Guimarães Andrade, Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-840-0
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.400221901

1. Leite - Produção. 2. Gestão territorial. 3. Socioeconomia. 4. Clima. 5. Avanços no mapeamento dos recursos forrageiros. I. Hott, Marcos Cicarini (Organizador). II. Andrade, Ricardo Guimarães (Organizador). III. Magalhães Junior, Walter Coelho Pereira de (Organizador). IV. Título.

CDD 338.1771

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Desde as primeiras aplicações tecnológicas de mapeamento do meio ambiente em larga escala com a aerofotogrametria no pós-guerra, passando pelos lançamentos de satélites na órbita terrestre para imageamento da superfície e popularização do sensoriamento remoto, o gerenciamento da produção agropecuária obteve enormes benefícios com o surgimento de softwares e equipamentos dedicados à gestão territorial. Na linha de obter dados e informações acerca do meio ambiente e setor rural, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), e diversos outros mecanismos de processamento e aquisição de vetores e imagens, permitem na atualidade que as geotecnologias estejam ao alcance de todos. O setor leiteiro se beneficia da inteligência territorial na medida em que avanços geotecnológicos podem ser diretamente aplicados na geração de ativos cartográficos, úteis no manejo agropecuário.

Hoje em dia, a tecnologia de posicionamento global (GPS), assim como imagens atualizadas em plataformas de navegação, como da Google, permite que diversos segmentos de usuários utilizem a geoinformação, seja de forma recreativa ou comercial. Contudo, a gestão territorial demanda o uso de uma gama complexa de ferramentas tais como algoritmos de classificação, inteligência artificial e imageamento em tempo real para subsídio à tomada de decisão em grandes empreendimentos.

Avanços no imageamento de alta resolução espacial, orbital ou aéreo, e em equipamentos e aplicativos em agropecuária de precisão têm sido fundamentais na melhoria da produção, sendo adotados por milhares de produtores no País, nas diversas escalas. Um retrato dessas aplicações geotecnológicas ao setor leiteiro e áreas correlatas, oriundas de pesquisas, análises e relatórios serão apresentados neste livro, cujos capítulos denotam o quão as técnicas, equipamentos e softwares geográficos estão presentes na socioeconomia, produção vegetal e animal, ligados ao segmento lácteo, com aplicações que remontam desde o mapeamento no setor primário até a derivação de biomassa forrageira por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

Marcos Cicarini Hott
Ricardo Guimarães Andrade
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Organizadores

(Editores Técnicos)

PREFÁCIO

Esta obra visa abordar aspectos relacionados à gestão territorial, socioeconomia, clima e avanços no mapeamento dos recursos forrageiros e da produção de leite no Brasil, reunindo textos inéditos, reestruturações e atualizações de artigos publicados em diversos veículos técnico-científicos.

O advento de novas geotecnologias e aplicações ao setor leiteiro enseja a pesquisa de dados produtivos e de meios para melhor gerir recursos e formular políticas, em razão da dinâmica e heterogeneidade de sua cadeia. Os novos mecanismos de gerenciamento por geotecnologias colocam bancos de dados e a inteligência territorial ao alcance de todos no setor agropecuário, viabilizando consultas diversas no campo das ciências da Terra frente aos cenários reais, e em multiescalas.

Como fator fundamental, a análise climática é basilar na tomada de decisões na agropecuária, e as previsões geradas nos últimos anos fornecem o desenho do panorama que ora se apresenta, sendo de suma importância a revisita do que fora previsto. Diante de avanços no levantamento dos recursos forrageiros, no uso de veículos aéreos não-tripulados, remotamente pilotados, e de dispositivos móveis, como smartphones, estes se mostram, sobremaneira, úteis na avaliação de pastagens e das condições produtivas, conforme ensaios apresentados neste livro.

Na primeira seção são tratados temas afeitos ao gerenciamento de dados e informações voltados à gestão geográfica, técnicas em geoprocessamento e socioeconomia, apresentando conceitos geoespaciais e suas aplicações na análise da produção. Na seção sobre clima e sua relação com a produção são apresentados estudos de caso envolvendo o ferramental utilizado em sensoriamento remoto e suas implicações na geração de informações geográficas sobre a biofísica da vegetação, evapotranspiração e avaliação de risco climático. Por fim, na última seção, são apresentados alguns trabalhos e estudos de casos em termos de avanços no uso das geotecnologias em segmentos agropecuários relacionados à cadeia leiteira e correlatos.

Dessa forma, o livro tem por objetivo oferecer exemplos das aplicações geotecnológicas, além de uma abordagem conceitual, e, com isso, ampliar os horizontes na adoção dessas técnicas e ilustrar alguns caminhos percorridos no desenvolvimento de pesquisas básicas e aplicadas, voltadas ao setor leiteiro.

SUMÁRIO

SEÇÃO II- AGROPECUÁRIA E CLIMA

SEÇÃO I

GESTÃO TERRITORIAL SOCIOECONÔMICA DO LEITE E AMBIENTAL

CAPÍTULO 1

GESTÃO TERRITORIAL NA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE

Data de aceite: 15/12/2021

Marcos Cicarini Hott

Ricardo Guimarães Andrade

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

A cadeia produtiva do leite no Brasil se distribui, praticamente, por todo o território nacional, totalizando uma produção em 2019 da ordem de 34,84 bilhões de litros, com um rebanho total de 214,7 milhões de cabeças, das quais 16,3 são de vacas ordenhadas. Em razão das dimensões envolvidas no setor leiteiro, a gestão territorial torna-se fundamental, tendo em vista que atribuir localização geográfica às feições e aos fenômenos é premissa para a adequação e gestão dos recursos, produção, tempo, equipes, equipamentos, rebanhos, logística e ambiente. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), dedicados ou multiusuários, tanto para desktop ou para internet, alimentados por dados, informações e dotados de funções de inteligência territorial, fazem parte de componentes básicos em um parque geotecnológico. Um SIG fornecerá geometrias (poligonais, alinhamentos ou pontos de localização), imagens e mapas, que podem denotar a distribuição da produção agropecuária ao longo do território, seja no âmbito nacional, estadual ou municipal (Figura 1). A tônica na apresentação da distribuição de leite nacional ou regional é a geração de uma base para análises amplas, e os dados geoestatísticos descritivos resultantes, tais como média ou soma por agrupamento de regiões, são subsídios para que, em segunda etapa, o leite e variáveis associadas possam ser analisados em escalas municipais ou de propriedades rurais, o que pode revelar as transformações espaço-temporais da produção.

A partir do SIG, a produção de leite pode ser tabulada para atribuição de sua distribuição ao longo do território, e também para que seja possível a tomada de decisões acerca de ações de planejamento e de políticas para o setor. A avaliação das condições nos diversos níveis geoespaciais é de suma importância para a definição do nível ou escala das informações iconográficas, de imagens de satélite de sensoriamento remoto e de bases a serem reunidas em eventual análise de fatores geoambientais. Além do maior produtor de leite do Brasil, o qual é o Estado de Minas Gerais, com 27,11% da produção nacional, outros Estados como Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Goiás têm se destacado nos últimos anos como principais produtores de leite. Também são importantes mesorregiões produtoras de leite o Noroeste Rio-grandense, Oeste Catarinense, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Sul/Sudoeste de Minas e Sul Goiano (IBGE, 2021). Neste contexto de extensas áreas dedicadas à atividade pecuária, em razão da

baixa adoção de práticas de manejo, dos 158 milhões de hectares de pastagens no Brasil (IBGE, 2021), estima-se que cerca de 60% apresente algum nível de degradação (DIAS-FILHO, 2014; HOTT ET AL., 2019).

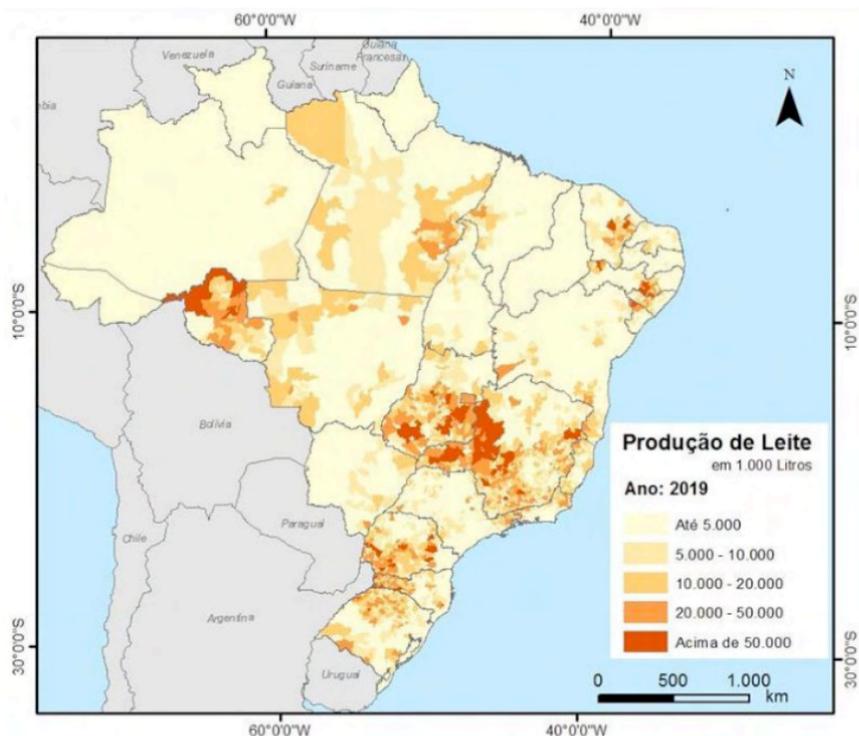



Figura 1 – Distribuição da produção leiteira em 2019 para o território nacional, em base municipal.
Fonte: IBGE (2021), elaborado pelos autores.

Os ganhos em produção e produtividade na pecuária leiteira, ocorridos nas décadas recentes, se devem, muito, em função da melhoria genética animal e vegetal, assim como da melhoria na adoção de procedimentos de boas práticas de manejo agrícola e no gerenciamento do processo produtivo. A partir da identificação e qualificação das áreas de pastagens, e cruzamento com variáveis edafoclimáticas e socioeconômicas, há a possibilidade de se retratar geograficamente as condições ambientais, antever variáveis produtivas e projetar ações de recuperação dos pastos ou de avanços na produção de forragens em regiões de produção leiteira consolidada. O sensoriamento remoto detém um conjunto de técnicas, procedimentos e metodologias, as quais podem ser empregadas na tarefa de avaliação de extensas porções territoriais devido ao uso de imagens de satélites ou dados derivados das propriedades físicas da matéria, sejam bióticas ou abióticas. Assim, a investigação da vegetação por meio de processos físicos e biofísicos

relacionados à radiação solar refletida, e captada por sensores a bordo de plataformas orbitais (tais como: Landsat, CBERS, ALOS, TERRA, Aqua, NOAA e Sentinel), permite a avaliação espaço-temporal necessária a compreensão do processo de desenvolvimento da vegetação. As pastagens tropicais possuem características vegetativas sazonais, apresentam maior densidade de folhagem na estação chuvosa e menor densidade na estação seca, e, tudo isso, em meio ao consumo da biomassa disponível pelo rebanho. A vegetação e suas estruturas têm uma interação peculiar com a energia incidida sobre ela, e detém uma complexidade que resultam em absorção, transmissão e emissão da energia recebida, principalmente no nível do mesófilo foliar (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012). Esse mecanismo biofísico tem sido objeto de estudo em todo mundo em um esforço conjunto para viabilizar o desenvolvimento e uso de sistemas sensores orbitais, suborbitais e aéreos para análise da produção de biomassa pelas plantas por meio de imagens de sensoriamento remoto. Kawamura et al. (2005) confirmaram em estudos comparativos que os índices de vegetação do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectrometer*) demonstraram eficiência e confiabilidade na quantificação e qualificação fenológica em forragens de estepes na China em relação à utilização do sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) do satélite NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). De acordo com Fontana et al. (2008) os sensores Vegetation e MODIS, apropriados a escala regional de estudo, demonstraram maior eficiência que o sensor AVHRR em estudos fenológicos das pastagens alpinas da Suíça, representando o crescimento de forma fidedigna com alta correlação entre o índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e levantamentos de campo. Os valores de NDVI têm uma ligação direta com diversos fatores antrópicos, tais como manejo agrícola e fatores ambientais (precipitação pluviométrica, formação de nuvens, incêndios e aerossóis). A partir de técnicas de análises de séries temporais pode-se detectar em qual escala de tempo um determinado fenômeno geográfico se manifesta. Assim, o uso de estatística descritiva, média, desvio padrão, máximo, mínimo ou um coeficiente de tendência pode auxiliar na caracterização de perfis de dados, facilitando a discriminação de uso temporal das terras. Vários pesquisadores vêm utilizando métricas fenológicas espaço-temporais, integração e tendência para caracterização de pastagens. Aguiar et al. (2010) utilizaram séries temporais MODIS (produto MOD09, NDVI e NDWI) e decomposição em wavelets para distinção de Cerrado e pastagens, principalmente se as pastagens estivessem em melhores condições. Alguns definem, em linhas gerais, a degradação das terras como uma perda de longo-prazo das funções dos ecossistemas causadas por distúrbios a partir dos quais o sistema não consegue se recuperar sem ajuda. Assim, aspectos biofísicos mensuráveis em campo ou remotamente podem apoiar o diagnóstico do nível de degradação. A partir de dados geoespaciais pode-se comprovar dados censitários sobre a degradação de pastagens, tal como feito por Andrade et al. (2011), os quais analisaram a degradação de pastagens plantadas no Estado de Goiás, Brasil, usando SPOT Vegetation

e declividade (*Slope*) da taxa de alteração do NDVI entre os anos analisados. Dessa forma, por meio da gestão territorial, com o uso do SIG e sensoriamento remoto, os recursos vegetais, forragens e pastagens podem ser monitoradas para estimativa das condições vegetativas e fornecimento geral de biomassa aos rebanhos, sendo os sistemas desktop ou para internet, denominados SIGWeb ou WebGIS, são softwares que permitem o manejo de dados geográficos digitais e de seus atributos, relacionados às informações produtivas.

Assim, um sistema WebGIS (exemplos na Figura 2) visa apresentar resultados e gerar informações avançadas por meio de mapas, gráficos, tabelas e dados, denotando a evolução e ocupação de feições de interesse no espaço geográfico, fortalecendo a tomada de decisão na cadeia produtiva do leite, bem como no processo de conservação dos recursos, importante em aspectos de avaliação de tecnologias no agronegócio (RODRIGUES et al., 2003). O WebGIS é um servidor de mapas, na essência, originalmente desenhado por Steve Putz da empresa Xerox, com finalidades comerciais de localização modestas (MIRANDA, 2005). Dessa forma, sugiram serviços de divulgação de dados geográficos na internet devido à grande demanda de informação espacial pela sociedade (NETO; FILHO, 2010). Os serviços geoespaciais para internet, os webservices, foram projetados pelo Open Geospatial Consortium (OGC), de forma aberta, a fim de padronizar a divulgação de informação geográfica. O WebGIS proporciona de forma versátil a consulta a uma base ou banco de dados espacial, viabilizando a criação de mapas e interação por parte do usuário (HOTT, 2011). Somados aos componentes disponíveis na atualidade, os veículos aéreos não tripulados (VANT) ou aeronaves remotamente pilotadas (RPA, em acrônimo inglês para *remotely-piloted aircraft*) vêm para contribuir na geração de imagens e vetores, geometria e classificação das terras, para agilização dos processos de gestão territorial e de inteligência territorial, pois, por meio de câmeras multi ou hiperespectrais, podem-se detectar dados sensíveis sobre estresses da vegetação ou de rebanhos, por exemplo. Assim, tanto a produção em grande escala, em pastagens ou em sistemas ILPF (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta), como em experimentos científicos devotados à melhoria de forragens, podem ser mapeados, demonstrando o grande potencial dessas geotecnologias no gerenciamento da produção no setor leiteiro, melhorando o potencial de eficiência no uso dos recursos disponíveis e, por conseguinte, os ganhos ou lucros, proporcionando a disponibilidade de meios para investimentos, além de condições socioeconômicas e ambientais melhores.

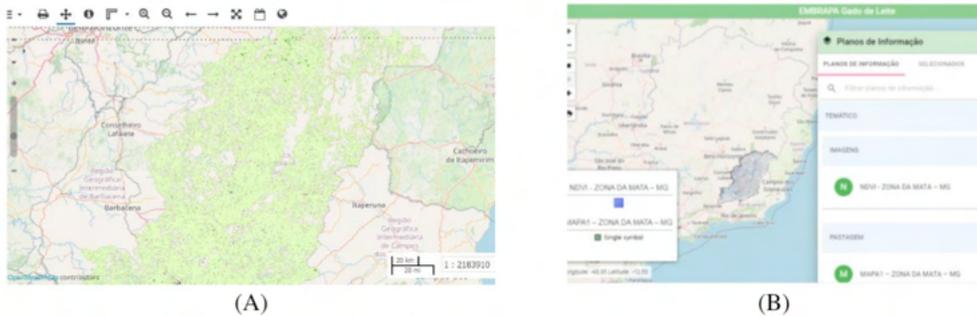



Figura 2 – Sistemas geográficos para internet: plataforma GeoInfo da Embrapa (A) e WebGIS planejado na Embrapa Gado de Leite e em desenvolvimento na Embrapa Territorial (B).

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. A.; ADAMI, M.; SILVA, W. F.; RUDORFF, B. F. T.; MELLO, M. P.; SILVA, J. S. V. Modis time series to assess pasture land. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Honolulu, HI, USA, **Proceedings**… IEEE. p. 2123-2126, 2010.

ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F.; GARÇON, E. A. M.; SILVA, G. B. S.; LOEBMANN, D. G. S. W.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. C. Monitoramento de processos de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation. Boletim de pesquisa e desenvolvimento. Campinas, EMBRAPA – Monitoramento por Satélite, 2011, 16 p.

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Documentos nº 402).

FONTANA, F., RIXEN, C.; JONAS, T.; ABEREGG, G.; WUNDERLE, S. Alpine grassland phenology as seen in AVHRR, VEGETATION, and MODIS NDVI time series: a comparison with in situ measurements. **Sensors**, New York, v. 4, p. 2833-2853, 2008.

HOTT, M. C.; SOUZA, R. C. S. N. P.; LIMA, V. M. B.; MAGALHAES Jr., W.C.; CARVALHO, G. R.; FONSECA, L. D. M. Desenvolvimento de Sistema de Informação Territorial GeoWeb para a cadeia produtiva do leite no Estado de Minas Gerais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 4512-4518.

HOTT, M.C; CARVALHO, L.M.T; ANTUNES, M.A.H.; RESENDE, J.C.; ROCHA, W.S.D. Analysis of Grassland Degradation in Zona da Mata, MG, Brazil, Based on NDVI Time Series Data with the Integration of Phenological Metrics. **Remote Sensing**, v. 11, n. 24, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sidra – Sistema IBGE de Recuperação automática, Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/cnt/brasil> Acesso em ago. 2021.

KAWAMURA, K. et al. Comparing MODIS vegetation indices with AVHRR NDVI for monitoring the forage quantity and quality in Inner Mongolia grassland, China. **Grassland Science**, 51, p. 33–40, 2005.

NETO, R. T. B; FILHO, M. B. B. B. Potencialidades e aplicações de ervidores de dados geográficos interoperáveis. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, 3., 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2010.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. v. 1, 176p.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P.C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: AMBITEC-AGRO. EMBRAPA Meio Ambiente. Jaguariúna, SP, 2003 (Documento 34).

CAPÍTULO 2

LEITE NO BRASIL: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E CONCENTRAÇÃO*

Data de aceite: 15/12/2021

Marcos Cicarini Hott

Denis Teixeira da Rocha

Glauco Rodrigues Carvalho

Ricardo Guimarães Andrade

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

A pecuária de leite no Brasil está distribuída por todo o território nacional, contudo, é bastante heterogênea em termos de sistemas de produção e perfil de produtores. Neste contexto, a reunião de dados e informações sobre a ocorrência de *clusters* e sua associação a pólos de produção podem fornecer base para o adequado planejamento de ações e formulação de políticas para o setor.

Em 2018, a produção de leite no Brasil foi estimada em 33,83 bilhões de litros, onde os 5 maiores produtores estaduais concentraram quase 70% da produção nacional. Minas Gerais deteve uma participação de 26,42%, sendo o principal Estado produtor (Tabela 1). Os Estados do Paraná e Rio Grande do Sul, com 12,93% e 12,54% da produção nacional, respectivamente, também tiveram posição de destaque, nesse cenário.

Estado	Produção (Mil litros)	Participação – Prod. Brasil (%)
Minas Gerais	8.939.160	26,42
Paraná	4.375.425	12,93
Rio Grande do Sul	4.242.296	12,54
Goiás	3.084.085	9,11
Santa Catarina	2.970.657	8,78

Tabela 1 – Produção de leite em 2018 pelos principais Estados brasileiros.

Fonte: IBGE, 2019.

Apesar de esses cinco Estados explicarem de forma taxativa a concentração atual da produção de leite no Brasil, informações importantes a respeito das bacias leiteiras existentes, sejam pelo volume, evolução ou tradição na cadeia produtiva, podem ser exploradas na análise da produção em mesorregiões. Elencando-se as dez principais mesorregiões produtoras, estas produziram 44,14% da produção nacional. Nesta lista, Minas Gerais lidera com três mesorregiões, enquanto que Paraná e Goiás aparecem com duas. Entretanto, a lista é encabeçada pelo Noroeste Rio-Grandense (RS) e Oeste Catarinense (SC), localizadas em Estados com apenas uma mesorregião nesta lista. Todas estas bacias leiteiras fazem parte dos cinco Estados, maiores produtores. A exceção fica por conta do Leste Rondoniense (RO), que apesar de estar na região Norte, onde se concentra a menor produção de leite do País, ocupa a oitava posição dentre as maiores mesorregiões produtoras de

leite (Tabela 2).

Mesorregião (Estado)	**Produção (Mil litros)**	**Participação – Prod. Brasil (%)**
Noroeste Rio-Grandense (RS)	2.843.473	8,40
Oeste Catarinense (SC)	2.321.332	6,86
Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba (MG)	2.313.070	6,84
Sul/Sudoeste de Minas (MG)	1.455.218	4,30
Sul Goiano (GO)	1.445.085	4,27
Sudoeste Paranaense (PR)	1.043.470	3,08
Centro Goiano (GO)	1.030.284	3,04
Leste Rondoniense (RO)	883.586	2,61
Oeste Paranaense (PR)	831.426	2,46
Zona da Mata (MG)	768.319	2,27

Tabela 2 – Principais mesorregiões produtoras de leite no Brasil em 2018.

Fonte: IBGE, 2019.

Na medida em que se requer o aprofundamento dessas informações, com maior detalhamento da produção de leite, a análise da distribuição pela rede municipal demarca certa regionalidade e, ao mesmo tempo, especificidades relacionadas às características de *players* na cadeia local, mostrando de maneira diversificada a ocorrência de *clusters* quando da observação de mapas cartográficos. Na Tabela 3 observam-se os 20 principais municípios produtores de leite em 2018, onde Castro (PR) se destaca como maior produtor nacional, a despeito de não se localizar entre as dez principais mesorregiões, mas sim na mesorregião Centro Oriental Paranaense. Somado a isto há uma predominância da ocorrência de municípios da mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, a qual se posicionou como a terceira maior produtora entre as mesorregiões. A visualização da distribuição geográfica da produção, como forma de derivar *clusters* regionais, além de apontar municípios que se destacam, pode ser observado na Figura 1A. Mapas que relacionem a densidade de produção, rebanho ordenhado e produtividade das vacas, como exemplos, também possibilitam uma melhor análise da correlação espacial entre fatores de produção e volume de leite produzido. A Figura 1A ilustra os principais *clusters* de produção de leite no Brasil, com destaque para Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Noroeste do Rio Grande do Sul, Oeste Catarinense e Sudoeste Paranaense. Mas também pode-se observar área de maior volume de leite em estados do Nordeste, em Goiás e Rondônia. Na Figura 1B, ilustra-se como os mapas de densidade de produção de leite por área podem possibilitar um refinamento para visualização de regiões com maior intensidade produtiva, com base na área municipal em km². Neste caso, a partir dos dados, verificou-se que os

100 maiores produtores por área, com maior densidade de produção, são municípios da Região Sul. Essa densidade é relevante, pois quanto maior é a quantidade de leite por área, maior será a concentração do produto e menor tende a ser o custo de captação de leite, o que favorece o desenvolvimento industrial.

Município	Estado	Região	Mesorregião	Produção (Mil litros)
Castro	PR	Sul	Centro Orien. Paranaense	292.402
Patos de Minas	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	192.985
Carambeí	PR	Sul	Centro Orien. Paranaense	180.200
Patrocínio	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	148.392
Coromandel	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	123.024
Pompéu	MG	Sudeste	Central Mineira	116.110
Orizona	GO	Centro-Oeste	Sul Goiano	110.000
Prata	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	105.700
Lagoa Formosa	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	98.892
Unaí	MG	Sudeste	Noroeste de Minas	95.200
Piracanjuba	GO	Centro-Oeste	Sul Goiano	94.878
Carmo do Paranaíba	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	93.895
Perdizes	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	87.500
Jataí	GO	Centro-Oeste	Sul Goiano	86.100
Passos	MG	Sudeste	Sul/Sudoeste de Minas	85.032
Rio Paranaíba	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	84.371
Cascavel	PR	Sul	Oeste Paranaense	83.336
Toledo	PR	Sul	Oeste Paranaense	83.000
Bela Vista de Goiás	GO	Centro-Oeste	Centro Goiano	79.000
Monte Alegre de Minas	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	78.876

Tabela 3 – Principais municípios produtores de leite no Brasil em 2018.

Fonte: IBGE, 2019.

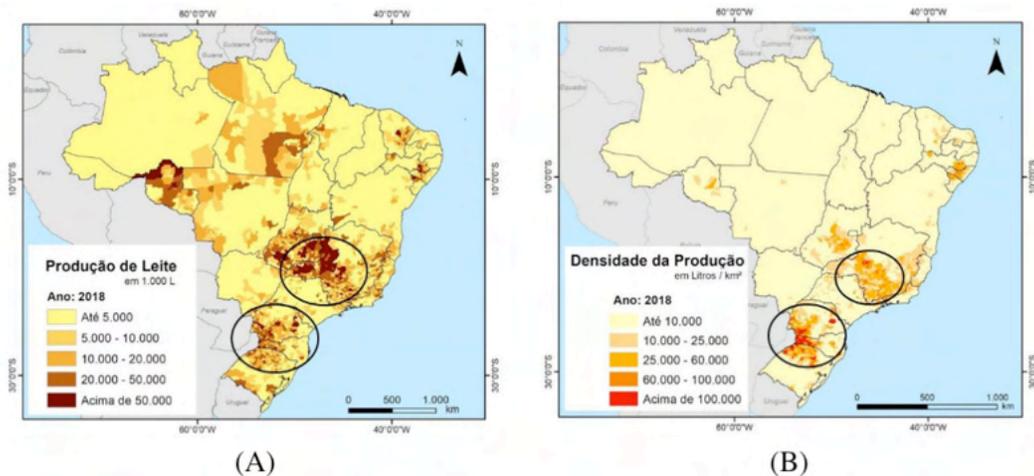



Figura 1 – Mapas da distribuição geográfica da produção de leite, por municípios, em 2018 (A), e de densidade de produção de leite, em litros por km² (B), destacando-se *clusters* produtivos (Fonte: CILeite, 2020).

REFERÊNCIA

*HOTT, M. C.: ROCHA, D. T., CARVALHO, G. R.; ANDRADE, R. G.; MAGALHAES JUNIOR, W. C. P. Produção de Leite no Brasil: distribuição geográfica e concentração. In: MilkPoint. nov, 2020. Disponível em https://www.milkpoint.com.br/mercado/int/analises/2128

CAPÍTULO 3

GEOGRAFIA DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE LEITE*

Data de aceite: 15/12/2021

Marcos Cicarini Hott

Ricardo Guimarães Andrade

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

De acordo com o IBGE, a produção atual de leite no Brasil totalizou 34,84 bilhões de litros em 2019, 2,7% maior que no ano anterior. Por meio da observação do mapa de produção de leite em base municipal, verifica-se uma acentuada concentração em algumas regiões de Minas Gerais, Goiás, e de forma dispersa em Rondônia, Região Sul e Nordeste (Figura 1). No entanto, tem-se observado um processo acelerado de adoção de tecnologias pelo setor, concentração da produção, busca por economias de escala e ganhos de produtividade e competitividade. No ranking dos maiores produtores de leite do Brasil, chamado de Top 100 maiores produtores de leite, publicado pelo Milkpoint, em 2019 houve crescimento de 8,67% na produção média daquelas fazendas. Em 2020, esta expansão foi de 10,29%. Já em relação ao total produzido no País, entre 2010 e 2019 (último dado disponível do IBGE sobre produção total) a produção de leite cresceu 13,4%, ou seja, o crescimento dos Top 100, somente no último ano, se aproximou da expansão observada no país em 9 anos.

A despeito da heterogeneidade da pecuária de leite e dispersão pelo país, a partir de estimativas de medidas de concentração ou observação de mapas, podem-se identificar aspectos relacionados a padrões de agrupamento. A ocorrência de *clusters* e sua associação a pólos de produção podem fornecer base para o adequado planejamento de ações e formulação de políticas públicas para o setor.

Em termos da produção estadual, os cinco maiores Estados produtores concentraram quase 70% do total nacional, sendo que Minas Gerais deteve uma participação de 27,11%, sendo o maior produtor nacional, conforme Tabela 1. Na tabela também se observa que Paraná e Rio Grande do Sul detêm papel de destaque, seguidos por Goiás e Santa Catarina. Os três mais importantes estados produtores de leite geraram mais de 51% de toda a produção nacional de leite em 2019. Essa concentração, mesmo diante da existência de produção de leite em quase todo o território nacional, é eloquente quanto à concentração regional da produção de leite no Brasil. As cinco principais mesorregiões produtoras de leite somaram 10,54 bilhões de litros de leite em 2019, da ordem de pouco mais de 30% da produção brasileira, demonstrando a importância dessas regiões e respectivos Estados, as quais pertencem, conforme a Tabela 2. Fica evidente que essas 5 mesorregiões ratificam a concentração espacial da produção,

na forma de clusters de produção, considerando a enorme importância delas no conjunto da produção nacional de leite.

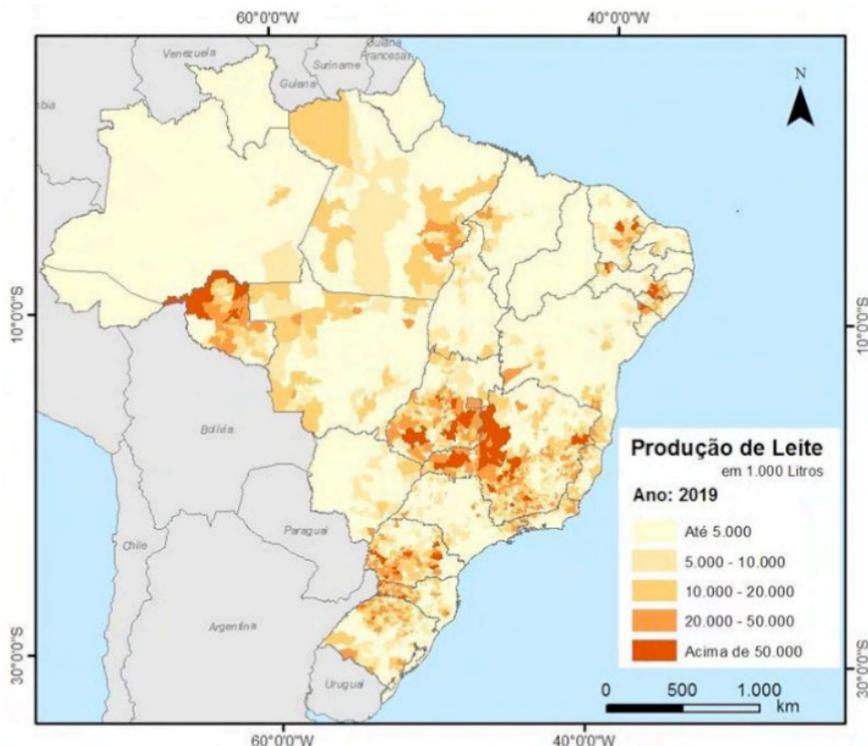



Figura 1 – Distribuição da produção de leite em 2019, em base municipal.

Fonte: IBGE, 2021. Elaboração: os autores.

	Produção (Mil litros)	Participação – Prod. Brasil (%)
Minas Gerais	9.447.549	27,11
Paraná	4.339.194	12,45
Rio Grande do Sul	4.270.799	12,26
Goiás	3.180.505	9,13
Santa Catarina	3.040.186	8,72

Tabela 1 – Produção de leite dos principais Estados no ano de 2019

Fonte: IBGE, 2021.

Na Tabela 3 são apresentados os dez principais municípios produtores, onde o município de Castro (PR) se destaca como maior produtor nacional. Neste ranking os municípios da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba predominam, denotando

a importância dessa região na oferta de leite no país. Cabe destacar que, dentre os municípios elencados, os paranaenses figuraram no topo, o que não fora suficiente para posicionar a mesorregião Centro Oriental Paranaense entre as primeiras na Tabela 2, diferentemente do município de Orizona, a qual se localiza na mesorregião Sul Goiano, que está entre as cinco maiores mesorregiões produtoras.

Mesorregião (Estado)	Produção (Mil litros)	Participação – Prod. Brasil (%)
Noroeste Rio-Grandense (RS)	2.868.752	8,23
Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba (MG)	2.387.435	6,85
Oeste Catarinense (SC)	2.351.847	6,75
Sul/Sudoeste de Minas (MG)	1.505.210	4,32
Sul Goiano (GO)	1.432.743	4,11

Tabela 2 – Principais mesorregiões produtoras de leite no Brasil em 2019

Fonte: IBGE, 2021.

Município	Estado	Região	Mesorregião	Produção (Mil litros)
Castro	PR	Sul	Centro Orient. Paranaense	280.000
Patos de Minas	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	195.828
Carambeí	PR	Sul	Centro Orient. Paranaense	180.000
Patrocínio	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	173.150
Coromandel	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	124.405
Pompéu	MG	Sudeste	Central Mineira	123.891
Lagoa Formosa	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	118.600
Orizona	GO	Centro-Oeste	Sul Goiano	110.500
Prata	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	109.891
Carmo do Paranaíba	MG	Sudeste	Triâng. Min./A. Paranaíba	103.472

Tabela 3 – Principais municípios produtores em 2019.

Fonte: IBGE, 2021.

O mapa da Figura 2, o qual apresenta a concentração da produção em 2019, em litros/km². Essa variável é uma maneira de realçar áreas onde a produção ocupa o espaço de forma mais intensa, como são os casos do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba/Sul, Sudoeste de Minas, Centro/Sul Goiano, Oeste Catarinense/Noroeste Rio-grandense e Agreste Pernambucano/Alagoano. Note que há, de forma geral, uma sincronia entre maior concentração no mapa e principais mesorregiões, resultante de uma maior vocação leiteira, implicando em aspectos socioeconômicos favoráveis nessas mesorregiões e

Estados. Assim, mesmo distribuída por todo território nacional, existem destacadas regiões onde a cadeia produtiva, agroindústrias e a geração de emprego no setor se tornam de suma importância dentro das políticas e ações de planejamento públicas. Além disso, essas regiões de maior densidade acabam proporcionando redução no custo logístico de captação de leite e maior competitividade industrial. Portanto, a cadeia produtiva do leite segue um movimento de consolidação na produção primária e também regional, apesar de haver produtores distribuídos por todo o país.

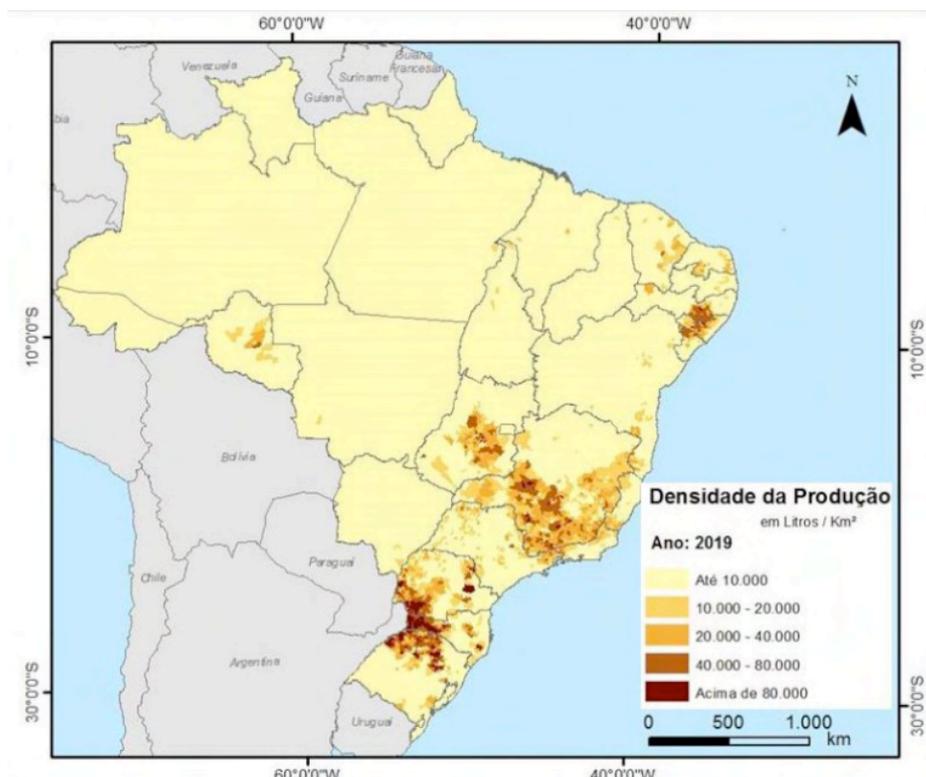



Figura 2 – Mapa da densidade de produção de leite em 2019.

(Fonte: IBGE, 2021). Elaboração: os autores.

REFERÊNCIA

*HOTT, M.C.; ANDRADE, R. G.; MAGALHAES JUNIOR, W. C. P. Produção brasileira de leite e sua geografia. In: Milkpoint. Abr, 2021. Disponível em: https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/producao-brasileira-de-leite-e-sua-geografia-225203/

CAPÍTULO 4

TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO APLICADAS À PECUÁRIA LEITEIRA

Data de aceite: 15/12/2021

Ricardo Guimarães Andrade

Marcos Cicarini Hott

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias que possibilitam a coleta, o tratamento e a manipulação de dados espaciais georreferenciados por meio de técnicas matemáticas e computacionais usando as ferramentas denominadas Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os dados espaciais (raster ou vetorial) são comumente usados em geoprocessamento. Os dados raster são formados por uma matriz de pixels ou células que contém um valor específico que representa uma condição da área coberta por aquela célula. As imagens de satélites e fotos obtidas a partir de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) são exemplos de dados matriciais ou rasters. Vale ressaltar que dados rasters também podem ser gerados a partir de dados pontuais. Por exemplo, os dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados por meio de redes de estações meteorológicas podem alimentar modelos que possibilitam avaliar o índice de conforto térmico bovino. Nesse caso, por meio do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) estimado para cada localização geográfica da estação (pontual) é possível aplicar software de geoprocessamento para gerar o mapa de ITU interpolado (Figura 1).

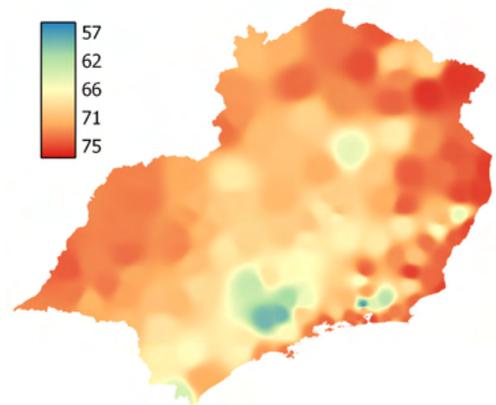



Figura 1 – Mapa de espacialização do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do Sudeste do Brasil para o ano de 2019.

A resolução espacial de um dado raster é definida pelo tamanho de cada célula ou pixel, o que se traduz na escala compatível dos dados ou dos resultados a serem produzidos. Numa interpolação de dados é possível especificar a resolução ou o tamanho da célula da matriz a ser gerada no processamento, o que pode gerar uma interpretação acerca do espaço geográfico, em complemento à feições amostrais ou onde há ausência de informação. Já as imagens de sensoriamento remoto (satélites, VANTs, etc) tem resolução espacial estabelecida em função da capacidade do sensor em capturar dados

do objeto ou alvo de interesse. Na Figura 2 visualiza-se imagem mosaico de área de pastagens em resolução espacial centimétrica capturada por câmera/sensor a bordo de plataforma VANT e posterior aplicação de técnicas de geoprocessamento para confecção da imagem mosaico. A altíssima resolução permite, por exemplo, avaliar a pastagem em relação a exposição de solo, a infestação por plantas invasoras e a variabilidade do vigor da vegetação que pode estar associada com deficiência hídrica, fertilidade do solo ou manejo do gado no piquete. Porém, imagens de alta resolução podem apresentar algumas questões importantes a observar na sua aplicação, como tamanho dos arquivos gerados, e com isso a exigência de máquinas robustas para executar com eficiência as etapas de geoprocessamento, bem como boa capacidade dos HDs/Storage para o armazenamento dos dados gerados.

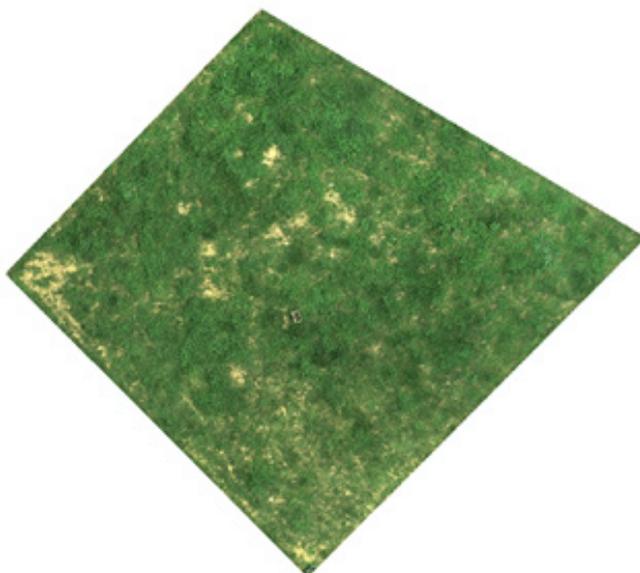



Figura 2 – Imagem mosaico de um pasto com *Brachiaria Ruziziensis*, cultivar BRS Integra.

As resoluções espectrais e temporais também são muito úteis na análise de dados de sensoriamento remoto por meio das técnicas de geoprocessamento. A resolução espectral se refere ao número ou quantidade de bandas ou faixas do espectro que determinado sensor consegue captar/coletar dados do alvo ou objeto. A imagem da Figura 2 foi gerada a partir de uma câmera que capta dados na faixa do visível ou bandas RGB (**R**ed, **G**reen, **B**lue), contudo, há sensores capazes de captar faixas do espectro não visível como o infravermelho próximo que é muito utilizado em modelos de estimativa de índices de vegetação (NDVI, SAVI, EVI, etc), os quais se correlacionam com a biomassa (Andrade et al., 2019b), deficiência hídrica (Leivas et al., 2014) e nutricional da planta (Maresma et al., 2016). Além disso, é importante destacar que maior resolução espectral, maior

quantidade de sensores em faixas específicas do espectro eletromagnético, pode contribuir na identificação ou discriminação dos alvos/objetos de interesse, pois cada alvo ou objeto possui assinatura espectral específica, cuja análise e interpretação pode ser feita por meio das técnicas de geoprocessamento.

Já em relação a resolução temporal, a qual se refere ao intervalo de tempo mínimo para que um determinado sensor a bordo de uma plataforma requer para efetuar a revisita de um local ou área de interesse, com menor intervalo de tempo em novos imageamentos de uma região há a possibilidade de se obter uma série temporal adequada à análises de uso das terras. Na pecuária leiteira a resolução temporal é fundamental em análises da dinâmica de uso e cobertura do solo. Tal análise de geoprocessamento pode ser feita pixel a pixel e por regiões de interesse na imagem. Na série temporal de imagens de satélite é possível analisar a assinatura temporal do alvo ou objeto e assim distinguir suas dinâmicas sazonais e suas fitofisionomias, bem como diferenciar as áreas de pastagens e os plantios agrícolas (VICENTE et al., 2012; VICTORIA et al., 2012). A qualidade visual da imagem também pode ser influenciada pela resolução radiométrica que é definida pelo número de níveis de cinza usados para expressar as variações na intensidade da energia coletada pelo sensor. Geralmente, os sensores a bordo de plataformas orbitais captam imagens com resolução de 8 bits (Landsat) a 12 bits (Rapideye), ou seja, com 256 a 4096 níveis de cinza, respectivamente. Na Figura 3 tem-se exemplo de uma imagem com diferentes resoluções radiométricas.

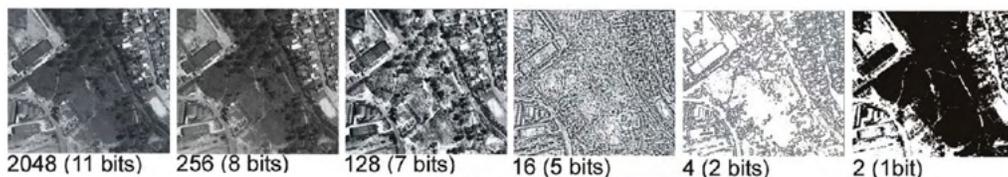



Figura 3 – Imagem com diferentes resoluções radiométricas (níveis de cinza). Fonte: Adaptado de Melo (2003).

Em geoprocessamento, além dos dados rasters ou matriciais, muitas das vezes, se faz necessário trabalhar com vetores, que são muito mais acurados do que os dados matriciais (Figura 4). Os vetores são elementos de dados que permitem descrever posição e direção. Em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) a representação vetorial pode ser expressa por três elementos gráficos: ponto, linha e área (polígono). Às vezes pode ser útil converter dados vetoriais para raster ou vice-versa. Os softwares de geoprocessamento permitem essa conversão de dados, porém, pode haver perdas de informações nesse processo de conversão. Por exemplo, ao efetuar a conversão vetorial para raster as bordas contínuas são discretizadas de acordo com a resolução da imagem

de saída. Além disso, os dados de atributos (associados com os dados vetoriais originais) serão perdidos. Assim, ressalta-se que as representações vetoriais e matriciais não são exatamente equivalentes para um mesmo dado e pode haver perdas na transformação de formatos.

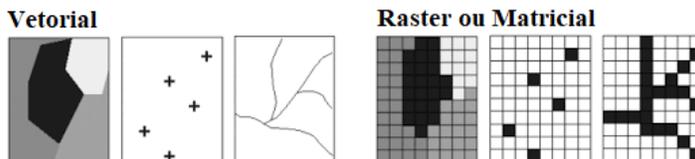



Figura 4 – Representação de dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos) e sua correspondência no formato raster ou matricial.

Dados vetoriais como o formato de pontos podem ser utilizados para alimentar softwares de geoprocessamento que possibilitam análises geoestatísticas. Com a geoestatística pode-se estimar o valor de uma dada propriedade ou variável para um local onde não foi medida, utilizando uma função de correlação espacial entre os dados sem viés e com variância mínima (VIEIRA, 2000). A geoestatística é uma ferramenta que auxilia fortemente nas decisões estratégicas e complexas em relação ao gerenciamento do sistema de produção agrícola e consequentemente nos seus efeitos ambientais, contribuindo para o desenvolvimento sustentável em agricultura de precisão (GREGO et al., 2014). De acordo com Andrade et al. (2019a), as aplicações de SIG's apresentam alta capacidade operacional e baixo custo para coletar, processar, integrar e analisar dados espaciais para produzir informações de alta qualidade para a agricultura e pecuária. Os fundamentos da aquisição, recuperação, processamento e análise de dados geográficos balizam a entrega de resultados úteis à tomada de decisão no manejo agropecuário, contribuindo para o gerenciamento da produção, estimativas de colheita, planejamento de infraestrutura e de investimentos, além de possibilitar a geração de inteligência territorial, contribuindo para, entre outras, a redução de custos e sustentabilidade socioambiental.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICENTE, L. E.; BATISTELLA, M.; GREGO, C. R.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. **Geotecnologias aplicadas em sistemas de produção integrada e apoio a políticas públicas**. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Org.). ILPF: Inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. 1ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2019a, v. 1, p. 263-279.

ANDRADE, R. G.; HOTT, M. C.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P. Estimation of Energy Flux and Biomass in Pasture Areas through Remote Sensing Techniques. **INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED ENGINEERING RESEARCH AND SCIENCE**, v. 6, p. 59-65, 2019b.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P.; VIEIRA, S. R. **Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão**. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, Á. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Org.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. 2ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014, v. 1, p. 74-83.

LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; VICTORIA, D. C.; TORRESAN, F. E.; BOLFE, E. L. Monitoramento da Seca 2011/2012 no Nordeste Brasileiro a Partir do Satélite SPOT-Vegetation e TRMM. **Engenharia na Agricultura**, v. 22, p. 211-221, 2014.

MARESMA, Á.; ARIZA, M.; MARTÍNEZ, E.; LLOVERAS, J.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A. Analysis of vegetation indices to determine nitrogen application and yield prediction in maize (Zea mays L.) from a standard UAV service. **Remote Sensing**, v. 8, 973, 15p. 2016.

MELO, D. H. C. T. B. **Uso de dados Ikonos II na análise urbana: Testes operacionais na zona leste de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos: INPE, 2003. 146p.

VICENTE, L. E.; GOMES, D.; VICTORIA, D. C.; GARÇON, E.; BOLFE, E. L.; ANDRADE, R. G.; SILVA, G. B. S. Séries temporais de NDVI do sensor SPOT Vegetation e algoritmo SAM aplicados ao mapeamento de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 1337-1345, 2012.

VICTORIA, D. C.; PAZ, A. R.; COUTINHO, A. C.; KASTENS, J.; BROWN, J. C. Cropland area estimates using Modis NDVI time series in the state of Mato Grosso, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1270-1278, 2012.

CAPÍTULO 5

GEOTECNOLOGIAS NA AGROPECUÁRIA: TÉCNICAS E APLICAÇÕES*

Data de aceite: 15/12/2021

Marcos Cicarini Hott

Ricardo Guimarães Andrade

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

A produção de leite no Brasil alcançou o patamar de 34,84 bilhões de litros (IBGE, 2021), distribuídos em diferentes Estados da federação, cujo Estado de Minas Gerais é o maior produtor, com 27,11% da produção nacional, compondo importantes bacias leiteiras, tradicionais, e com relevância para o agronegócio nacional, distribuindo-se por todo o território. Com o advento das geotecnologias, levantamentos e processamento de dados sobre a paisagem tornaram-se dinâmicos, não se limitando a escalas e pontos fixos, possibilitando monitoramento espaço-temporal de objetos ou quaisquer alvos de interesse. Diversos pesquisadores descrevem a aplicação de geociências, equipamentos como GPS, imagens de satélite e geoprocessamento, de forma geral, ao meio ambiente, agricultura e gestão dos recursos naturais (ARONOFF, 1989; ASSAD e SANO, 1998; NOVO, 1998; LIU, 2006; JENSEN, 2009). Além das potencialidades de aplicação na genética animal e vegetal, assim como na gestão e equipamentos, quanto a melhoria da produção, as técnicas empregadas por meio de sistemas de informações geográficas (SIG), sensoriamento remoto, agricultura de precisão e inteligência territorial, poderão agregar aos mecanismos de melhoria do processo produtivo, contribuindo sobremaneira para o avanço do setor. As geotecnologias disponíveis na atualidade, desde aplicativos de smartphones, veículos aéreos não tripulados (VANT) até equipamentos e sensores instalados em máquinas e implementos agrícolas, detêm aplicabilidade na agropecuária, com a possibilidade de aquisição de dados em campo e de processamento de informações territoriais acerca da produção, traduzindo isto em algum nível de inteligência ou análise espacial. Com grande versatilidade, o uso de VANTs ou Drones têm aumentado vertiginosamente, e, com isso, revelado novas e importantes potencialidades para a pesquisa agropecuária. A partir das câmeras a bordo das plataformas VANT inúmeras e mais precisas informações podem ser obtidas, tais como, para análises dos estágios de crescimento e desenvolvimento das lavouras e das pastagens. Nesse caso, índices de vegetação podem ser correlacionados com fatores inerentes a produção de biomassa, falhas de plantio, pragas e doenças, condições de estresse hídrico, fertilidade do solo, nutrientes nas plantas, compactação do solo, dentre outras e assim auxiliar o produtor quanto às medidas de manejo. Na Figura 1 visualiza-se um exemplo de área de pastagem imageada por VANT.

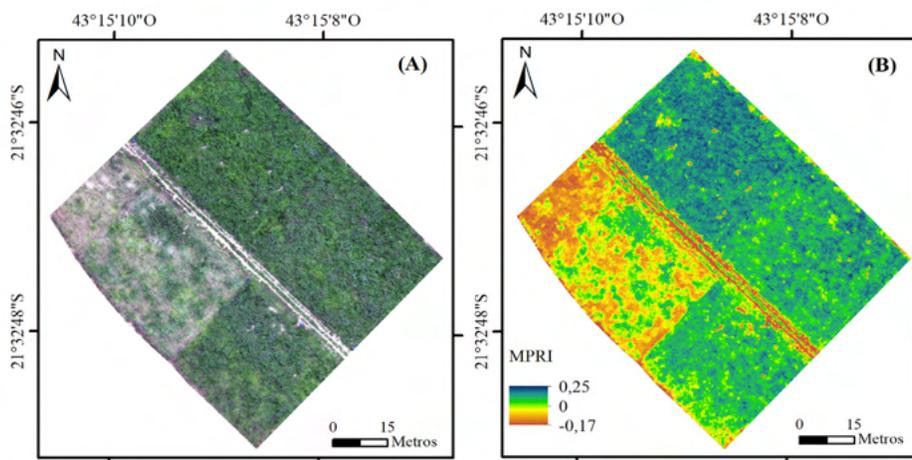



Figura 1 - Mosaico de imagem obtida a partir de plataforma VANT em área de pastagens (A) e índice de vegetação MPRI (B).

Na Figura 1A tem-se imagem mosaico nas bandas do visível (RGB) e na Figura 1B visualiza-se imagem referente ao índice de vegetação denominado *Modified Photochemical Reflectance Index* (MPRI). Neste caso, o índice destaca a variabilidade da biomassa, ou seja, as áreas em tons de laranja são aquelas com indicativos de exposição de solo ou vegetação seca e as áreas em tons de verde ou azul são as que indicam altos valores de biomassa. As informações acerca da disponibilidade de biomassa e pastagens saudáveis são fundamentais para a tomada de decisão quanto à alimentação animal, reforma de pastagens, uso de capineiras, silagem e adoção variada de determinadas espécies forrageiras. Quanto às pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de equipamentos geotecnológicos citam-se as iniciativas relacionadas à identificação e monitoramento do comportamento animal em intervalos de tempo pré-definidos (HANDCOCK et al., 2009; ANDRADE et al., 2015). Ao associar os dados das trajetórias dos animais com índices de vegetação estimados a partir de imagens de satélite, é possível avaliar se o gado pastejou em áreas com melhor disponibilidade de forragem e quanto tempo permaneceu nessas áreas (Figura 2). Além disso, por meio das informações como, distância percorrida, velocidade, localização dos animais dentro do piquete e proximidade com outros objetos espacialmente identificados, pode-se então analisar a relação destas variáveis com uso das áreas de pastagens e avaliar quais seriam as vantagens de se utilizar certo tipo de forrageira ou determinadas formas e tamanhos de piquetes, sistema de pastejo, localização de sombra, água, suplementos, etc.

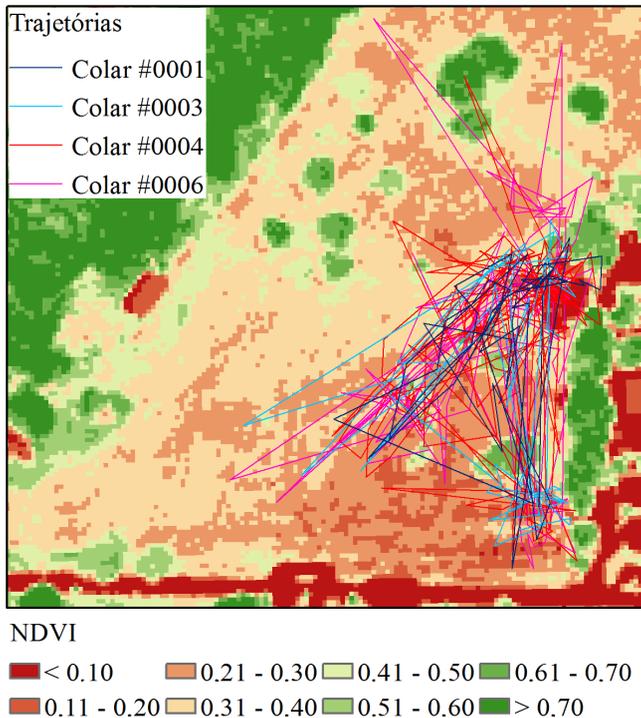



Figura 2 – Trajetórias realizadas pelos bovinos (colares #0001, #0003, #0004 e #0006) juntamente com os mapas de NDVI estimado a partir de imagem GeoEye-1 em 09/10/2011. Fonte: Andrade et al. (2015).

Nos últimos anos, a utilização de geotecnologias e geoinformação por parte de órgãos e empresas, públicos ou privados, têm crescido consideravelmente (BATISTELLA et al., 2008), e tem apoiado em diversas etapas de planejamento e monitoramento espaço-temporal da produção agropecuária. No que se refere a imagens de alta resolução temporal, a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto apresenta como vantagem a obtenção de informações que possibilitam a geração de séries temporais da região em estudo, facilitando o entendimento de processos relacionados à dinâmica de uso e cobertura das terras e o planejamento de ações corretivas e tomadas de decisões do pecuarista sobre a recuperação, o manejo e o uso dessas terras.

A agropecuária de precisão (AP) – conotação no sentido mais amplo ao termo Agricultura de precisão – tem ocupado um grande espaço na pesquisa técnico-científica recentemente, como procedimentos mais avançados na busca de informações acuradas para fins de gerenciamento da produção agropecuária, utilizando-se equipamentos eletrônicos para amostragem, mapeamento e aplicação de insumos, ou mesmo na adoção de práticas e tomada de decisões com maior precisão. Esta precisão pode variar de acordo com a escala de produção, observando-se a viabilidade econômica, extensão da área

cultivada, aspectos sociais e técnicos, como aplicação de fertilizantes e defensivos por meio de “taxa variável” (uso pontual de coordenadas geográficas precisas) ou “zonas de manejo” (uso de coordenadas geográficas próximas à extratos homogêneos) programáveis nos equipamentos. A eficiência desse processo passa pela regulação de questões relacionadas a tomada de decisão, planejamento e ações em políticas públicas para o setor. Há uma Comissão do Ministério da Agricultura para a Agricultura de Precisão (2012), a qual detém diversas atribuições, dentre as quais estão o desenvolvimento, promoção, difusão e divulgação de tecnologias relacionadas à AP. De acordo com Bernardi et al. (2014), AP se traduz em um sistema de gestão que leva em conta a variabilidade espacial do campo com o objetivo de obter um resultado sustentável social, econômico e ambiental. Entretanto, desde que a própria atividade seja, em princípio, lucrativa ou que haja um aporte financeiro que permita investimentos a priori, qualquer atividade agropecuária poderá adotar procedimentos que se reverta em ganhos nos resultados, seja na qualidade ou quantidade de informações, no controle ou na performance das atividades. Normalmente associa-se a AP aos grandes projetos agrícolas envolvidos na utilização de equipamentos e implementos guiados por localização geográfica fornecendo precisão na aplicação de insumos, colheita e suporte à decisão, muitas vezes, em tempo real, denotando a ideia que o retorno econômico, social e ambiental somente poderá ser alcançado em grande escala, em razão dos custos envolvidos. Entretanto, com o advento de tecnologias embarcadas em *smartphones* e *tablets*, com sistemas de localização, eo aumento da capacidade de processamento, a precisão está ao alcance de, praticamente, todo tipo de atividade agroprecuária. As geotecnologias têm sido fundamentais no âmbito das ações de pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologia para o setor agropecuário.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R.G.; BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M. Georrastreabilidade - Sustentabilidade da bovinocultura. Agroanalysis (FGV), v. 35, p. 29-31, 2015.

ARONOFF, S. Geographical information system: a management perspective. Ottawa: WDL, 1989.

ASSAD, E. D; SANO, E. E. Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura. Embrapa – SPI/Embrapa – CPAC, 2ª ed. Brasília, 1998. 434 p.

BATISTELLA, M.; CARVALHO, G. R.; PIEROZZI JÚNIOR, I. Análise e tendências para o mercado de geoinformação no Brasil. In: BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. (Org). Geoinformação e monitoramento ambiental na América Latina. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2008. 283 p.

BERNARDI, A. C. C. et al. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014, 596 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.Portaria nº 852 - Art. 1º Criar a Comissão

Brasileira deAgricultura de Precisão – CBAP. Diário Oficial da RepúblicaFederativa do Brasil, Brasília, DF, 2012. Disponível: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/40746948/dou-secao-2-21-09-2012-pg-6>.

HANDCOCK, R. N.; SWAIN, D. L.; BISHOP-HURLEY, G. J.; PATISON, K. P.; WARK, T.; VALENCIA, P.; CORKE, P.; O'NEILL, C. J. Monitoring animal behavior and environmental interactions using wireless sensor networks, GPS collars and satellite remote sensing. Sensors, v. 9, p. 3586-3603, 2009.

*HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; MAGALHAES JUNIOR, W. C. P. Geotecnologias: técnicas e aplicações na agropecuária. In: GOMES, I. A. A Geografia na contemporaneidade. Ponta Grossa-PR: Atena Editora, 2018. 312-319.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sidra – Sistema IBGE de Recuperação automática, Tabela 74 – Leite, 2018. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=74> Acesso em mai. 2021.

JENSEN, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução (INPE): Epiphanio, J.C.N.; Formaggio, A.R.; Santos, A.R.; RUDORFF, B.F.T; ALMEIDA, C.M.; GALVÃO, L.S. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.

LIU, W. T. H. Aplicações de sensoriamento remoto. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908 p.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 2.ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1998.

CAPÍTULO 6

GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: CASO DA BACIA DO RIO PARAIBUNA*

Data de aceite: 15/12/2021

Marcos Cicarini Hott

Ricardo Guimarães Andrade

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Letícia D'Agosto Miguel Fonseca

A ocupação humana ao longo da história sempre visou à proximidade dos recursos hídricos, primordialmente, e os aspectos do relevo influenciaram a tomada de decisão, tendo em vista que hierarquicamente orienta o curso da água, a qual, por sua vez, remodela a paisagem. Assim, a bacia hidrográfica delimita-se pelos pontos mais altos, formando a cumeada que divide a carga hídrica oriunda da pluviosidade, a qual impactará na sustentabilidade dos solos em concordância com a sua utilização das terras. A bacia hidrográfica é reconhecidamente uma unidade de gestão, formada por um conjunto de fenômenos cujos limites no terreno podem ser ordenados e arranjados espacialmente de acordo com escala de interesse, sempre com a noção básica da ocorrência dos componentes de divisão, cursos d'água, nascentes e pontos de deságue (MMA, 2009). De importância ecológica, econômica e social a Bacia do Rio Paraibuna (Figura 1) se distribui por municípios dos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, inserindo-se no contexto do uso das terras em ambos Estados, tanto das cadeias produtivas agropecuárias como também na produção de água e agente importante da paisagem na preservação ambiental em áreas de morros e montanhas na Bacia do Paraíba do Sul. Em sua extensão total, cerca de 8.594 km², aproximadamente, 57% correspondem à área agrícola, principalmente dedicada à produção leiteira, e 32% à área de florestas, sendo que 10% equivalem ao solo exposto, com degradação e afloramento rochoso (FONSECA, 2011). Como importante bacia hidrográfica na produção de leite e na agropecuária em geral, demanda-se a estimativa de parâmetros de drenagem e relevo para a execução de uma análise sinótica para compreensão do status do uso das terras. Métodos automáticos com o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem a geração de estimativas padronizadas e de forma ágil. Teve-se como objetivo organizar a base de dados acerca da hidrografia, modelo digital de elevação e drenagem, para, a partir do SIG ArcGIS e aplicação desenvolvida para processamento automático em AML (ArcInfo Macro Language), estimar-se os seguintes parâmetros: comprimento da rede de drenagem, área e perímetro da bacia, número de segmentos de rios, densidade de drenagem, frequência de rios, razão de textura, extensão de percurso superficial, coeficiente de manutenção, menor e maior altitude, amplitude altimétrica, razão de

relevo, razão de relevo relativo, índice de rugosidade, declividade média e coeficiente de rugosidade com a aplicação AML denominada Morfometria, a qual automatiza as etapas de processamento (Figura 2).

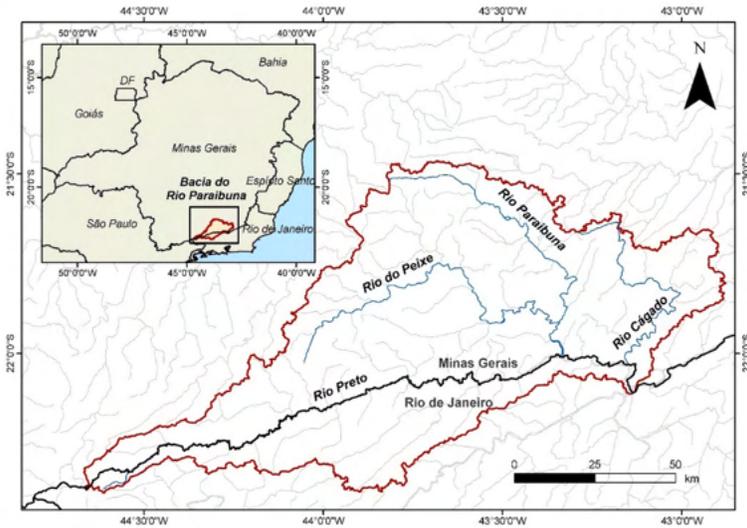



Figura 1 – Bacia do Rio Paraibuna.

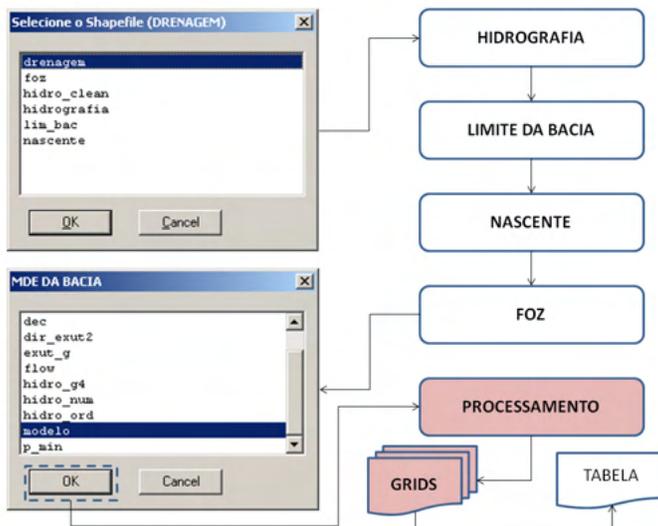



Figura 2 – Modelo de aplicação no SIG para a geração dos parâmetros.

Foi obtida a tabulação dos resultados (Tabela 1) da aplicação no SIG após o processamento, onde observa-se uma grande variabilidade altimétrica, indicando um escorrimento superficial desenvolvido, cujo padrão dendrítico e exorreico denota deflúvio encaixado. Com uma alta densidade de drenagem e frequência de rios, além de indicar um maior fluxo superficial, denotam um maior potencial para ocorrência de processos erosivos e degradação ambiental, tendo em vista a alta declividade média estimada (ZANATA et al., 2011; CALIL et al., 2012), e aptidão para pecuária. Estes parâmetros também indicam aptidão das terras para atividades agrosilvipastoris, com integração entre cultivos anuais, criação de animais e reflorestamentos, evolvendo eucaliptocultura ou heveicultura, por exemplo, assim como fruticultura, adotando-se práticas conservacionistas.

Drenagem	Resultado
Comprimento da rede de drenagem (km)	18.159
Comprimento do rio principal (km)	195
Área da bacia (km²)	8.594
Perímetro da bacia (km)	734
Nº de segmentos de rios (nº)	26.381
Densidade de drenagem (km/km²)	2,11
Frequência de rios (nº/km²)	3,07
Razão de textura (nº/km)	35,94
Extensão de percurso superficial (km)	0,24
Coeficiente de Manutenção (m²)	473,29
Relevo	Resultado
Menor Altitude (m)	259
Maior Altitude (m)	2.754
Amplitude Altimétrica (m)	2.494
Razão de Relevo	0,0128
Razão de Relevo Relativo	0,0034
Índice de Rugosidade	5.270
Declividade média (%)	27,65
Coeficiente de Rugosidade	58,43

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros morfométricos da bacia.

REFERÊNCIAS

CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. Revista Bras. Eng. Agrícola e Ambiental, v.16, n.4, p.433–442, 2012.

FONSECA, L.D.M. Análise Ambiental da Bacia do Rio Paraibuna:Cenário de Implantação de Áreas de Preservação Permanente. Juiz de Fora, UFJF, 67 p. 2011 (Monografia de conclusão de curso de Geografia).

*HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P., RESENDE, J. C.; FONSECA, L. D. M. Estimativa de parâmetros morfométricos para a bacia do Rio Paraibuna. In: SRH-PS. III. Artigo Anais. Juiz de Fora/MG. Universidade Federal de Juiz de Fora - MG, 2018

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Programa Nacional de Capacitação de gestores ambientais: licenciamento ambiental. Brasília: MMA, 2009.

ZANATA, M.; PISSARRA, T.C.T.; ARRAES, C. L.; RODRIGUES, F. M.; CAMPOS, S. Influência da escala na análise morfométrica de microbacias hidrográficas.Revista Bras. Eng. Agrícola e Ambiental, v.15, n.10, p.1062–1067, 2011.

CAPÍTULO 7

GESTÃO TERRITORIAL APLICADA AO CADASTRO DE UNIDADES ILPF*

Data de aceite: 15/12/2021

Marcos Cicarini Hott

Carlos Eugênio Martins

Victor Muiños Barroso Lima

Daniel de Oliveira Lopes

Pedro Cosme de Araújo

A partir do desenvolvimento e implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) houve uma nova ótica de utilização do espaço rural, resultando em benefícios ambientais e socioeconômicos (BALBINO et al., 2012). A integração entre estas atividades ocorre em rotação, consórcio ou sucessão, possibilitando a diversificação da produção agrícola no espaço e no tempo (FRANCO, 2017). Ressalta-se a importância de procedimentos, adotados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), para formação de banco de dados úteis nas pesquisas agronômicas. O ferramental geotecnológico proporciona a gestão territorial dos recursos empenhados na instalação de URT's e, com isso, agrega condições de análise territorial, aspectos de dependência espacial e possibilidade de associação entre a performance produtiva e variáveis socioeconômicas e ambientais, com base em atributos espaciais. A estruturação de um sistema de cadastro de informações geográficas e produtivas das URT's visa fornecer um panorama da situação geoespacial e das condições experimentadas nas propriedades rurais, retornando ou reportando resultados e dificuldades eventualmente encontradas no decorrer dos ensaios, bem como denominações, propriedade, área plantada, culturas, manejo adotado, observações sobre a integração, medidas, design, dentre outras informações pertinentes. Com o objetivo de cadastrar, obter a distribuição geográfica das URT's e fornecer meios de visualização das informações foi concebida uma aplicação web denominada Sistema ILPF. Após o cadastramento da instituição de pesquisa, Embrapa Gado de Leite, na plataforma Google, tornou-se possível a publicação de dados acerca das URT's com atributos geoespaciais, gerando-se *links*, os quais se materializam por meio de endereços na web com o Google Maps. As informações principais foram associadas aos pontos de localização das unidades de experimentação, permitindo a visualização dos dados selecionados e relacionados às áreas de experimentação ILPF, tais como coordenadas geográficas, cultivos, rebanhos, manejo, área, dentre outros, além de relatórios disponibilizados em arquivos de extensão *.pdf. Essa disponibilização permite também contornar diversos problemas temporários de atualização em servidor, de compatibilização, sincronização e *bugs* na conexão com a aplicação do Google

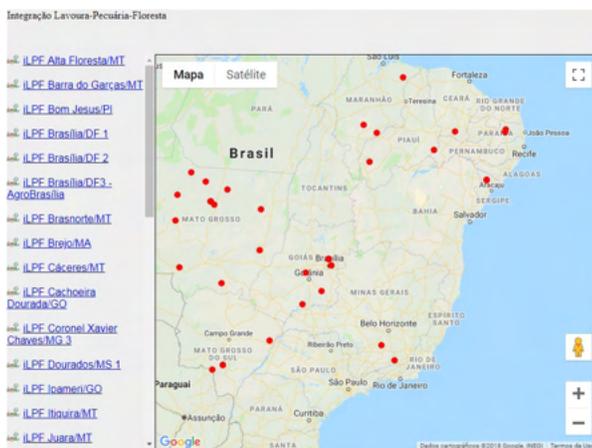
Maps, possibilitando a visualização das informações, mesmo sem o atributo territorial, com sua localização no contexto cartográfico. A solução para internet SiLPF fornece um ambiente para cadastro e visualização geográfica dos dados sobre as URT's, com funcionalidades distribuídas lateralmente na página (Figura 1A). A partir da aba de visualização pode-se obter informações variadas e completas sobre as URT's, subsidiando, assim, pesquisas e tomadas de decisão em sistemas de produção ILPF com a distribuição espacial (Figura 1B) e informações técnicas a respeito de cada unidade. Para visualização destes mapas e para obter outras informações, o usuário deverá acessar a página da Embrapa Gado de Leite (www.embrapa.br/gado-de-leite) e em seguida no link ILPF na parte relacionada aos projetos ou no ícone relacionado ao tema na página, o qual direciona para a aplicação, cujo endereço é http://www.cnpgl.embrapa.br/silpf2/. Dentro do sistema, os itens Procurar e Mapas dão informações detalhadas sobre o local de implantação, propriedade, responsável técnico, atividades desenvolvidas, eventos realizados, publicações, etc., de cada URT (Figura 2).

(A) (B)

Figura 1 – Apresentação visual da aplicação para os Sistemas iLPF, SiLPF (A) e Distribuição das URT's (B) .

Figura 2 – Mecanismo de busca e geração de documentos em formato PDF.

O sistema SiLPF apresentou boa performance no cadastro geográfico e georrelacional, possibilitando a caracterização das URT's e viabilizando consultas a respeito do manejo e diversas outras informações úteis. A constante necessidade de manutenção requer atenção da equipe técnica, assim como da devida revisão das URT's que ingressaram ou que estejam em fase de término e canceladas. Caso forem articuladas novas parcerias e continuidade de projetos no tema ILPF, há perspectivas da realização de nova formatação do sistema SiLPF para inserção de novas funcionalidades em virtude de sua configuração projetada para atendimento ao público interessado na pesquisa e nos resultados do projeto. A gestão territorial de URT's por meio de sistema geográfico para internet é um meio alternativo para cadastramento e conhecimento das ações de pesquisa de campo, se configurando em modo importante na consolidação da sustentabilidade econômica e socioambiental do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta junto ao agronegócio brasileiro.

REFERÊNCIAS

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P. R.; VILELA, L. Agricultura sustentável por meio da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Informações Agronômicas, n. 138, p. 1-18, 2012.

FRANCO, F. O. Disponibilidade de fatores de produção e desempenho agronômico de culturas em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade do Estado de São Paulo, Jaboticabal, 2017.

*HOTT, M. C.; MARTINS, C. E.; LIMA, V. M. B.; LOPES, D. O.; ARAUJO, P. C. Cadastro geográfico para suporte à estudos em sistemas de integração lavourapecuária-floresta. In: Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 2, n. 5, p. 1521-1529, 2019.

*HOTT, M. C.; MARTINS, C. E.; LIMA, V. M. B.; ARAUJO, P. C.; LOPES, D. O. Sistema para cadastro e espacialização geográfica de unidades de referência tecnológica em integração lavoura-pecuária-floresta. In: CNPA - Congresso Nordestino de Produção Animal. XIII 2018. Anais (resumo expandido). João Pessoa-PB. SNPA, 2018.

CAPÍTULO 8

PRODUÇÃO DE LEITE NA MESORREGIÃO NOROESTE RIO-GRANDENSE*

Data de aceite: 15/12/2021

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Marcos Cicarini Hott

Ricardo Guimarães Andrade

Detentora da maior parcela da produção de leite no país, a mesorregião Noroeste Rio-Grandense do Estado do Rio Grande do Sul, destaca-se com uma produção 2,86 bilhões de litros, de acordo com a pesquisa mais recente realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2019. A produção desta mesorregião representa 8,23% da produção brasileira, sendo seguida pela mesorregião Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba em Minas Gerais, com uma produção de 2,38 bilhões de litros, equivalente a 6,85%, e pela mesorregião do Oeste Catarinense com uma produção de 2,35 bilhões de litros, equivalente a 6,75% da produção nacional em 2019.

Considerando o período compreendido entre 2010 e 2019, ilustrado pelos gráficos na Figura 1, observa-se que entre 2010 e 2014, a produção de leite nesta mesorregião apresentou um crescimento significativo de 23,3%, saltando de 2,39 para 3,13 bilhões de litros, aproximadamente. Nestes quatro anos houve um acréscimo de 57 mil cabeças no número de vacas ordenhadas, equivalente a 6,1%, ao passo que a produtividade do rebanho leiteiro cresceu 617 litros/cabeça em relação a 2010, ou seja, 18,3%. Esse período coincide com a fase de crescimento constante da produção nacional de leite impulsionada pela economia nacional que vivenciava um período de sucessivos aumentos no PIB. No período entre 2014 e 2017, quando a produção nacional teve três quedas consecutivas, observa-se uma flutuação da produção entre 3,13 e 3,08 bilhões de litros, com decréscimo de 99 mil vacas ordenhadas (10,6%) e um aumento de produtividade do rebanho leiteiro ao redor de 338 litros/cabeça (9,1%), frente a produtividade alcançada em 2014. Entre 2017 e 2019, a produção da mesorregião registrou queda de 211 milhões de litros (6,8%), reprimida por um expressivo recuo de 13,1% no rebanho de vacas ordenhadas, em função da piora da rentabilidade da atividade leiteira no final de 2017 e início de 2018. Por outro lado, a produtividade do rebanho seguiu crescendo e registrou expansão de 270 litros/cabeça (8,1%) em relação a 2017. Ao longo desta década (2010-2019), portanto, a produção de leite aumentou 469 milhões de litros (16,3%), houve um decréscimo de 151 mil vacas ordenhadas (17,3%) e um crescimento expressivo da produtividade do rebanho leiteiro na ordem de 1.225 litros/cabeça (30,8%).

Nos mapas da Figura 2 visualiza-se a

espacialização da produtividade do rebanho leiteiro alcançada em 2019 e sua evolução, em percentual, para cada município pertencente à mesorregião Noroeste Rio-Grandense, considerando o período compreendido entre 2010 e 2019. Entre os 216 municípios, 188 (87%) apresentaram evolução em relação a 2010, ao passo que apenas 29 (13%) apresentaram uma queda de produtividade, o que justifica, em parte, a liderança alcançada por esta mesorregião ao longo desta década. Além disso, vale mencionar que alguns municípios possuem produtividade no patamar de importantes países europeus como Alemanha (8 mil litros /vaca.ano) e França (7,2 mil litros/vaca.ano), onde predominam sistemas confinados. Neste sentido, em países onde os sistemas de pastejo são mais comuns, como Argentina, Nova Zelândia e Uruguai, as produtividades de diversos municípios da mesorregião Noroeste Rio-Grandense são superiores, mostrando a maior propensão a gestão da atividade e uso de tecnologias, fatores fundamentais para o crescimento e competitividade na atividade leiteira.

A Tabela 1 apresenta os vinte e quatro municípios que integram a classe superior da figura 2A, com produtividade do rebanho leiteiro superior a 5.500 Litros/Cabeça em 2019.

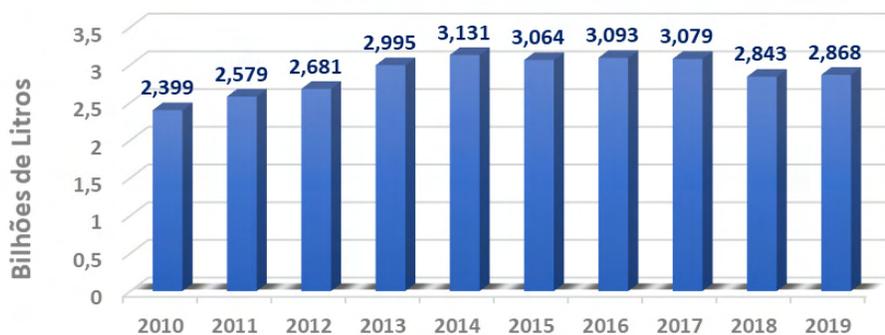
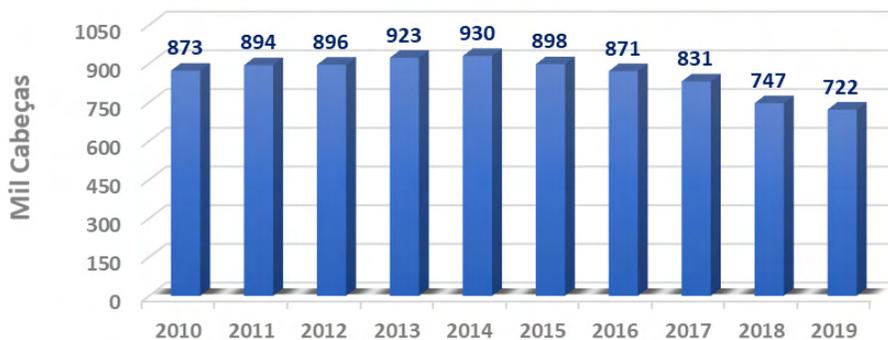
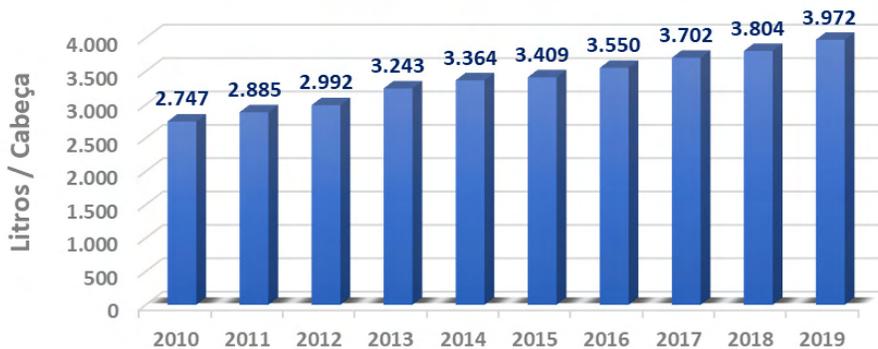



Figura 1 – Evolução da mesorregião Noroeste Rio-Grandense do estado do Rio Grande do Sul, segundo as variáveis Produção de Leite, Vacas Ordenhadas e Produtividade do Rebanho Leiteiro.

Fonte: IBGE.

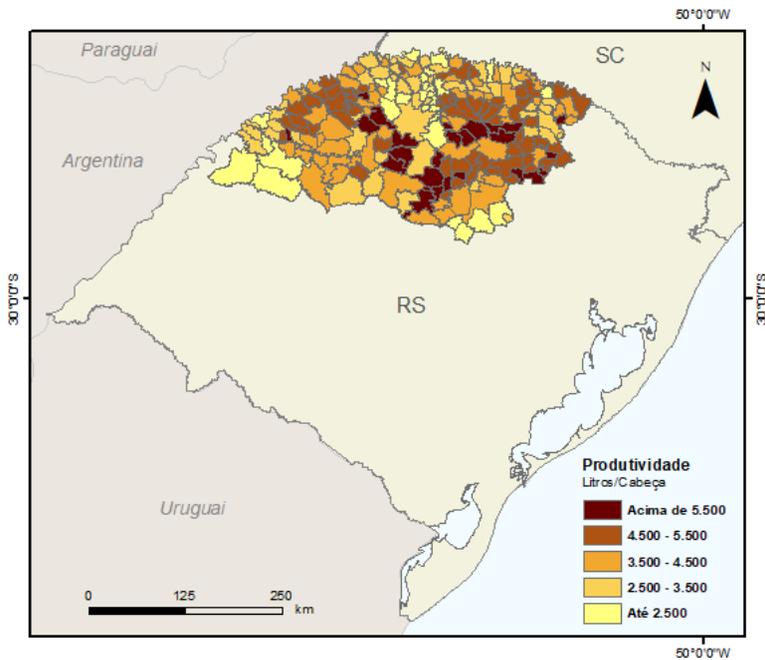
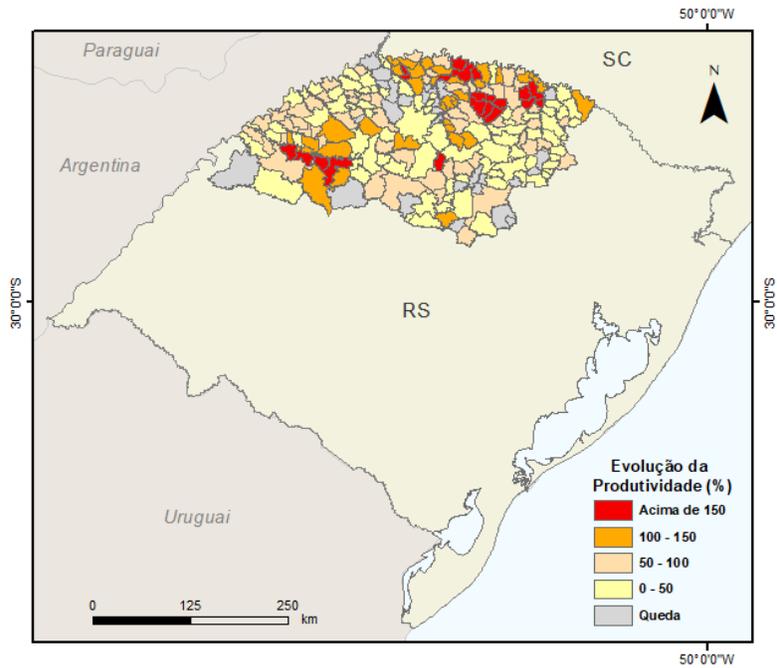



Figura 2 – Mapa de produtividade do rebanho leiteiro em 2019 (A) e sua evolução em percentual no período entre 2010 e 2019 (B), para os municípios pertencentes a mesorregião Noroeste Rio-Grandense.

Fonte: IBGE.

Município	Produção (Mil litros) 2019	Vacas (Cabeças) 2019	Produtividade (Litros/Cabeça) 2019	Evolução % Produção 2010 - 2019	Evolução % Produtividade 2010 - 2019
Quinze de Novembro	39.712	5.487	7.237	78,9	87,1
Saldanha Marinho	13.210	1.878	7.034	65	188,8
Selbach	24.955	3.556	7.017	9,7	37,2
Pontão	24.445	3.573	6.841	-13,9	34,1
Sede Nova	19.100	2.900	6.586	81,9	75,6
Coxilha	23.624	3.627	6.513	60,2	41,5
Pejuçara	9.037	1.400	6.455	-6,4	20,3
São Domingos do Sul	7.341	1.149	6.389	-45,7	29,0
Ibirubá	49.548	7.787	6.362	23,9	58,8
Chiapetta	15.776	2.500	6.310	60,9	125,3
Nova Boa Vista	12.906	2.117	6.096	62,4	140,9
Santo Augusto	17.620	2.900	6.075	-16,0	56,2
Muliterno	8.500	1.400	6.071	1,7	44,5
Condor	25.228	4.204	6.000	94,3	104,7
Fortaleza dos Valos	15.015	2.520	5.958	-3,5	3,4
Salvador das Missões	19.310	3.266	5.912	72,0	102,3
Lagoa dos Três Cantos	7.277	1.255	5.798	-20,5	28,8
Vila Maria	26.955	4.680	5.759	-17,4	19,9
Almirante Tamandaré do Sul	14.606	2.549	5.730	117,8	143,5
Santo Expedito do Sul	19.800	3.500	5.657	18,2	68,8
Panambi	27.624	4.892	5.646	43,2	56,9
Casca	33.410	5.921	5.642	-42,9	10,6
Coqueiros do Sul	17.800	3.227	5.515	221,1	148,7
Sertão	28.170	5.115	5.507	-3,5	11,2
Total	500.969	81.403	148.121	6.083,8	1.639,5

Tabela 1 – Municípios com produtividade superior a 5.500 Litros/Cabeça/ Ano.

Fonte: IBGE.

REFERÊNCIAS

*MAGALHÃES JUNIOR, W.C.P.; HOTT, M.C.; ANDRADE, R.G. Evolução da Produção de Leite na Mesorregião Noroeste Rio-Grandense, maior produtora de leite do Brasil. In: MilkPoint. ago, 2021. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/mercado/int/analises/2551>

CAPÍTULO 9

CONCENTRAÇÃO E AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL NA CADEIA LEITEIRA

Data de aceite: 15/12/2021

Marcos Cicarini Hott

Glauco Rodrigues Carvalho

Ricardo Guimarães Andrade

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Estudos apontam que a produção de leite brasileira se distribui de forma dispersa pelo território, bastante pulverizada, com grande número de estabelecimentos envolvidos na atividade. Apesar de pesquisas demonstrarem que exista uma baixa concentração da produção no país, se torna importante observar indicadores de concentração da atividade de uma maneira ampla, tal como ocorre no fenômeno da produção em mesorregiões, a qual reflete uma dinâmica na cadeia leiteira do País e transformações em curso. Neste capítulo abordaremos, de forma sintética, elementos de medidas ou estimativas de concentração, o uso de sistemas geográficos e a percepção sinótica de agrupamentos.

À luz do ferramental em geoprocessamento, as medidas de concentração, do ponto de vista estatístico, são enfatizadas quando da expressão territorial. O Sistema de Informações Geográficas (SIG) permite a reunião das informações sobre a produção, espacialização (com a representação geográfica dos dados), estimativas e análise de agrupamentos, os quais são observáveis, ainda que, muitas vezes, os índices ou medidas de concentração mostrem que a variável esteja dispersa. No caso do leite, já é amplamente sabido que a cadeia é dispersa. Entretanto, obter-se medidas é importante para a mensuração do quão dispersa se encontra.

Posteriormente à compilação dos dados geográficos, calcula-se a concentração, dispersão, escores de distribuição ou autocorrelação espacial da produção de leite ou de outras variáveis de interesse nesta ótica, como, por exemplos, vacas ordenhadas, efetivo de rebanho, ocorrência de pragas ou doenças. Assim, a compreensão de medidas de concentração e de autocorrelação espacial permitem atender às demandas de tomada de decisão no campo territorial, revelando aspectos de distribuição de variáveis, se estas apresentam um caráter disperso, concentrado ou aleatório.

Entre as medidas e estimativas geoestatísticas, o índice de Moran é um dos mais populares para medir a autocorrelação espacial, e semelhança entre variáveis ou agrupamentos vizinhos, se as médias próximas no espaço geográfico estão próximas em termos de valores. Outra medida difundida é a análise de Hot Spot, a qual, essencialmente, estima clusters a partir z-scores com valores altos (*hot* ou quentes) em relação aos valores espaciais vizinhos, ou

mesmo conjunto de valores baixos (*cold* ou frios) em relação a pontos próximos, a partir de uma distância pré-definida, ponderada pela escala vigente. O mapa de Hot/Cold Spot, com escores para representar os agrupamentos e dispersões da variável em análise, apresenta a distribuição espacial da variável a ser estudada. No trabalho de Andrade et al. (2017) a eficiência média ($EP_{média}$) dos carrapaticidas disponíveis no mercado no Estado de Minas foram comparadas a partir da localização das amostras pelo índice de Moran e pela análise de Hot/Cold Spot disponíveis no Sistema de Informações Geográficas (SIG), para o qual o caráter disperso dessa variável foi denotado espacialmente, mas apresentando algumas regiões com distinção, o que potencialmente enseja estudos de maior precisão geoespacial (Figura 1).

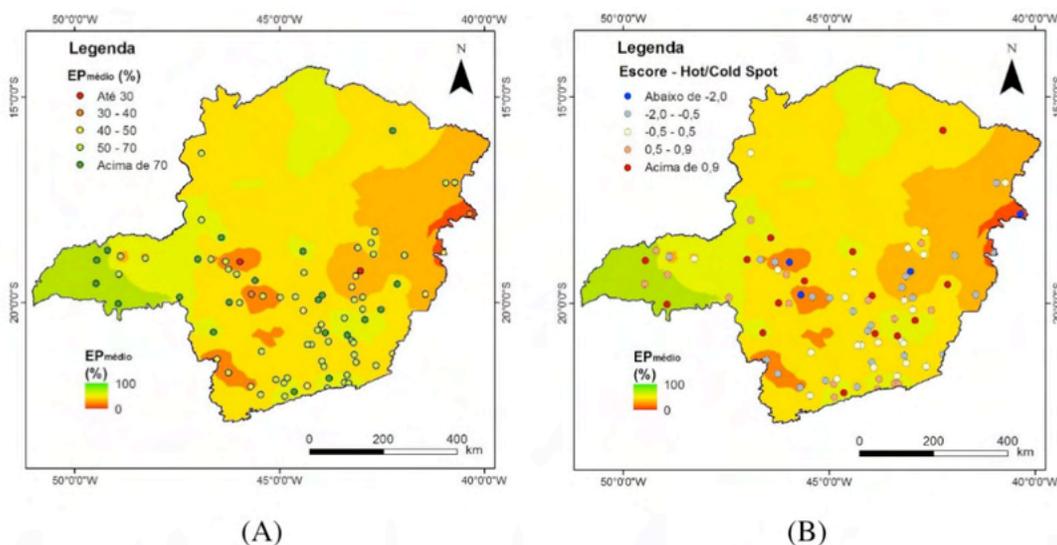



Figura 1 – Distribuição espacial dos dados de eficiência média de carrapaticidas ($EP_{médio}$) (A), e mapa de análise Hot/Cold Spot. Fonte: Andrade et al. (2017).

De acordo com os resultados para a eficiência dos carrapaticidas, as mesorregiões Sul/Sudoeste, Campo das vertentes e Central Mineira apresentaram um caráter de comportamento disperso a aleatório, tendo em vista que para estas ocorrem o maior número de testes realizados, ao contrário das regiões Norte e Nordeste do Estado, onde existe um menor número de amostras enviadas para os testes de sensibilidade ao carrapaticida e de eficiência. Entretanto, a despeito de um número inadequado quanto à amostragem, consegue-se, espacialmente, observar-se diferenças entre as regiões dentro do Estado, a partir das estimativas dos escores e interpolação geoestatística. Essa característica nos estudos geográficos ocorre devido a efeitos da capacidade humana em classificar informações gráficas e transcendem as análises numéricas. Métodos com abordagem

em inteligência artificial tais como máquina de vetores de suporte, árvores ou florestas de decisão, somam às análises de dados vetoriais (pontos amostrais) e interpolações matriciais (imagens), as quais visam discriminar classes, agrupamento ou regiões semelhantes. Ainda de acordo com o estudo sobre a eficiência média dos carrapaticidas, com relação ao índice de Moran estimou-se em 0,13, ou seja, muito próximo ao comportamento aleatório de $EP_{média}$, com muito baixa autocorrelação espacial, conforme gráfico de análise de resultados (Figura 2).

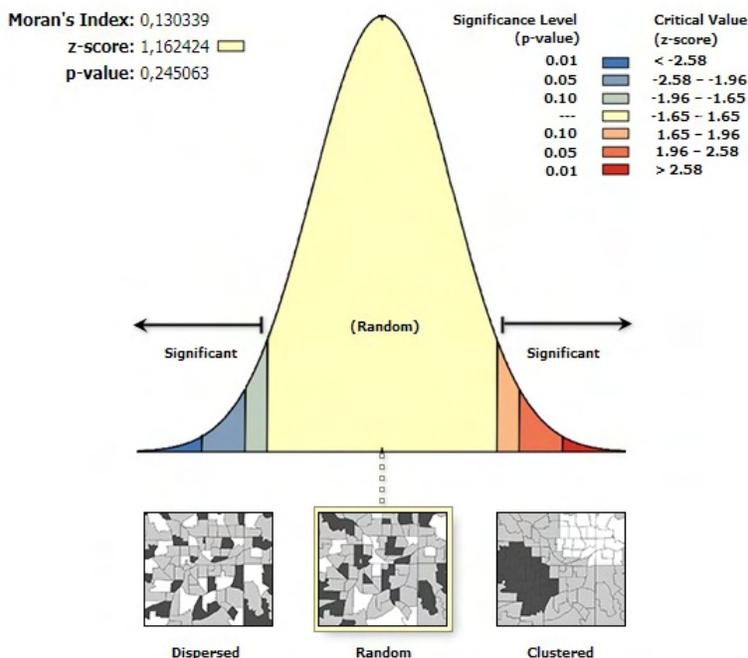



Figura 2 – Resultados e formas de interpretação do índice de Moran. Fonte: Andrade et al. (2017).

Além das estimativas de análise de autocorrelação, agrupamento ou dispersão espaciais, as medidas de concentração são frequentemente utilizadas para avaliações diversas, seja para distribuição de renda, análise da concorrência, para identificação de fornecedores, entre outras. Em análise da concorrência, por exemplo, a concentração industrial é um dos determinantes estruturais mais relevantes da competição, pois é uma forma de medir o poder de mercado. Para o planejamento logístico, essa medida também é fundamental, já que ajuda a identificar, por exemplo, conglomerados de fornecedores ou melhor local para instalação de unidades de captação de insumos ou produtos, etc. Além da concentração em um determinado ano, é interessante conhecer o seu processo de evolução e avaliar as conseqüências sobre aquele mercado.

Neste capítulo, são apresentadas duas medidas de concentração, correspondentes a Razão de Concentração (CR) e o Índice de Hirschman-Herfindahl (HHI). Esses indicadores são bastante utilizados para a concentração industrial e pode ser adaptado para avaliar a concentração nas diferentes divisões político-administrativas do país, por exemplo. Assim, na descrição metodológica, o uso do termo município serve também para microrregião e mesorregião.

A Razão de Concentração é um índice que fornece a parcela de mercado dos k maiores municípios do país (k = 1, 2, ..., n). Dessa forma, ela pode ser estimada a partir da seguinte equação:

$$CR(k) = \sum_{i=1}^{k} Si \qquad (1)$$

Onde, Si é igual à participação do município i no tamanho do mercado (produção de leite e vacas ordenhadas, neste caso).

Usualmente, quanto maior o CR, maior a concentração na produção de leite e/ou vacas ordenhadas nos k maiores municípios. As respectivas razões de concentração são descritas como CR(1), CR(10) e assim por diante, e representa a participação do maior produtor, dos 10 maiores, etc.

O Índice de Hirschman-Herfindahl é calculado a partir da soma dos quadrados da participação de cada município em relação ao tamanho total do mercado (ou país) e leva em conta todos os municípios que atuam na atividade leiteira. Assim, poderá ser estimado a partir da seguinte equação:

$$HHI = \sum_{i=1}^{n} Si^2 \qquad (2)$$

Onde, Si representa a fração do município no mercado e n é igual ao número de municípios.

O valor máximo de HHI é 10.000 e ocorre quando todo o mercado é dominado pelo município Si. O valor mínimo de H é 1/n indicando que o mercado é homogeneamente distribuído. Assim, o HHI está compreendido entre 1/n £ HHI £ 10.000. Em microeconomia, a medida que o mercado tende para competição perfeita tem-se que n → ∞ e HHI → 0. A principal vantagem do HHI sobre o CR é que o primeiro é sensível ao número total de municípios e à desigualdade existente entre eles, enquanto o segundo considera apenas as maiores.

Não há nenhuma definição exata para o HHI, sobre o que seria concentração elevada, moderada, ou desconcentrada. Todavia, as orientações emitidas pelos órgãos de defesa de concorrência indicam três faixas para balizar as análises, conforme estudos publicados e adaptação já utilizada:

Menor que 1.000: baixa concentração;

De 1.000 a 1.800: concentração moderada

Maior que 1.800: alta concentração

Por meio de estimativas realizadas em trabalhos acadêmicos, verifica-se que a cadeia leiteira, em termos de produção animal, se mantém muito pouco concentrada. Entretanto, em anos recentes apresentou um ligeiro aumento em sua concentração, o que denota uma direção neste sentido, de concentrar-se a produção em clusters regionais. O mesmo é observado por meio de mapas, sejam da produção de leite, vacas ordenhadas ou de densidade de produção por área. Em todos eles observam-se agrupamentos ou clusters, principalmente no sul de Goiás, Triângulo Mineiro, oeste catarinense e noroeste do Rio Grande do Sul.

A partir dessas percepções e de resultados de pesquisas (CARVALHO; HOTT, 2007; HOTT, 2019) podemos avaliar que a dinâmica da produção de leite tem apresentado mudanças significativas no Brasil, posicionando alguns Estados e mesorregiões como produtores relevantes e tradicionais. Considerando que a concentração da produção reduz custos de logística, facilitando a organização e modernização da cadeia, esses estudos são fundamentais para ações de reestruturação do setor e podem se traduzir em um bom horizonte para os segmentos envolvidos nos pólos produtivos leiteiros. Alguns resultados obtidos a partir de análise de concentração são apresentados no próximo capítulo, como parte de demonstração de estudo de caso no uso de ferramental geotecnológico, análise e visualização de dados espaciais, atendendo à necessidade de gerenciamento de recursos na cadeia agropecuária do leite.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. G.; HOTT, M. C.; FURLONG, J.; PRATA, M. C. de A.; BORGES, C. A. V.; MUNIZ, M. de S. Análise geoambiental da distribuição espacial de populações do carrapato dos bovinos com diferentes níveis de sensilibilidade a carrapaticidas em Minas Gerais no ano de 2016. In: SIMPÓSIO DE MEIO AMBIENTE. DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL NO SETOR PRODUTIVO, 10, 2017, 26 a 28 de setembro, Viçosa, MG, Anais...Viçosa, MG. 23-26

CARVALHO, G. R.; HOTT, M. C. Análise da concentração e geografia da produção de leite no Brasil. Rev. Pol. Agrícola, n.2, 2007, p. 82-97.

HOTT, M. C. Concentração geográfica da produção de leite no Brasil. In: MilkPoint Mercado. out, 2019. Disponível em: https://www.milkpoint.com.br/mercado/int/analises/1802.

CAPÍTULO 10

PRODUÇÃO LEITEIRA E VACAS ORDENHADAS EM BASE GEOGRÁFICA MUNICIPAL*

Data de aceite: 15/12/2021

Marcos Cicarini Hott

Glauco Rodrigues Carvalho

Ricardo Guimarães Andrade

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Com uma produção de 33,49 bilhões de litros de leite e um rebanho de vacas ordenhadas da ordem de 17 milhões de cabeças em 2017, a atividade leiteira se distribui por todo o país. Apesar da heterogeneidade da produção de leite, o que torna difícil uma comparação direta entre diferentes regiões, a avaliação por meio da delimitação municipal permite uma análise adequada quando parâmetros descritivos podem ranquear grupos territoriais.

A Razão de Concentração (CR) é um indicador que permite avaliar a concentração da produção de leite e das vacas ordenhadas ou outras variáveis de interesse. Esse parâmetro pode ser estimado para avaliação de um retrato atual ou para um horizonte temporal, onde pode-se perceber como este evolui no decorrer dos anos. Com a consolidação da cadeia leiteira a partir dos anos de 1990, questões de cunho estrutural, socioeconômicas e políticas podem ter balizado a tecnificação e profissionalização do setor, ensejando a concentração de um mercado bastante disperso do ponto de vista territorial.

As respectivas razões de concentração são descritas como CR(1), CR(10) e assim por diante, e representa a participação do maior produtor, dos 10 maiores, e assim sucessivamente.

As Tabelas 1 e 2 apresentam o ranking dos principais municípios do Brasil em produção de leite e em vacas ordenhadas. É interessante notar, por exemplo, que na produção de leite surgem municípios de Goiás e Pará entre os dez maiores para o ano de 2004, e novamente um predomínio de Minas Gerais e Paraná para o período mais recente. No caso das vacas ordenhadas, os seis principais municípios em 2004 estavam localizadas no Pará, Rondônia e Goiás, o que mostra um crescimento relativo destes Estados no setor lácteo brasileiro, ocorrendo um movimento em 2017, em termos de CR(10), para Minas Gerais, Goiás, Maranhão e Rondônia. A Tabela 3 traz cenários de concentração da produção leiteira para o maior produtor (CR(1)), 10 (CR(10)), 50 (CR(50)) e, ao final, para os 100 maiores produtores (CR(100)), a qual indica uma elevação da concentração da produção entre 1990 e 2017, com efeito oposto para o rebanho de vacas ordenhadas, com uma relativa redução nos indicadores de concentração nesse período.

1990			2004			2017		
Município	UF	Produção (milhões litros)	Município	UF	Produção (milhões litros)	Município	UF	Produção (milhões litros)
Iturama	MG	60,7	Castro	PR	117,0	Castro	PR	264,0
Campina Verde	MG	55,0	Ibiá	MG	101,4	Patos de Minas	MG	191,3
Castro	PR	50,6	Piracanjuba	GO	90,0	Carambeí	PR	160,0
Mococa	SP	45,7	Patos de Minas	MG	89,8	Patrocínio	MG	144,4
Mal. Cândido Rondon	PR	43,7	Mal. Cândido Rondon	PR	88,1	Coromandel	MG	119,1
Ibiá	MG	42,1	São Félix do Xingu	PA	85,0	Pompéu	MG	117,9
Passos	MG	42,0	Pompéu	MG	84,7	Lagoa Formosa	MG	98,3
Prata	MG	40,6	Patrocínio	MG	77,0	Prata	MG	95,0
Unaí	MG	40,0	Morrinhos	GO	74,6	Piracanjuba	GO	95,0
Governador Valadares	MG	38,4	Bom despacho	MG	74,2	Carmo do Parnaíba	MG	93,6

Tabela 1 – Principais municípios produtores de leite no Brasil (1990 – 2004 – 2017)

Fonte: IBGE. Elaboração dos autores.

O maior produtor de leite em 2017, foi o município de Castro (PR), com cerca de 264 milhões de litros e responsável por 0,8% da produção nacional (CR(1)), aumentando sua participação na produção em relação a 2004, a qual era de 0,5%. Em 1990 o maior produtor era Iturama (MG), com 60,7 milhões de litros e 0,4% de participação (CR(1)). Os 100 municípios de maior produção (CR(100)) passaram de 17,7% da produção brasileira em 1990 para 18,8% em 2004, e atingiram 19,7% em 2017 (Tabela 3).

No que tange a vacas ordenhadas, a concentração pelo CR aponta para um declínio no horizonte analisado, indicando bases para uma melhor distribuição dos rebanhos entre os municípios. Apesar que o maior detentor de vacas ordenhadas, Iturama (MG), apresentava 0,6% em 1990, havendo um ligeiro aumento com São Félix do Xingu (PA) em 2004, o município CR(1), Prata(MG), apresentou uma redução drástica em 2017 com 0,3% do total, com 56 mil cabeças, demonstrando um cenário de melhora importante na seleção animal e ganhos de produtividade.

1990			2004			2017		
Município	UF	Vacas (mil cabeças)	Município	UF	Vacas (mil cabeças)	Município	UF	Vacas (mil cabeças)
Iturama	MG	113,1	São Félix do Xingu	PA	118,0	Prata	MG	56,0
Campina Verde	MG	98,4	Jaru	RO	88,9	Orizona	GO	50,0
Paragominas	PA	67,2	Ouro Preto do Oeste	RO	85,4	Açailândia	MA	45,31
Redenção	PA	63,6	Morrinhos	GO	66,9	Patos de Minas	MG	44,23
Prata	MG	59,0	Ji-Paraná	RO	64,8	Jataí	GO	41,10
Itumbiara	GO	57,6	Piracanjuba	GO	61,2	Marabá	PA	41,00
Quirinópolis	GO	56,5	Frutal	MG	51,0	Rio Verde	GO	41,00
Rio Verde	GO	53,0	Carneirinho	MG	50,5	Nova Mamoré	RO	40,33
Unaí	MG	50,0	Jacunda	PA	49,2	Jaru	RO	39,73
Jataí	GO	49,0	Patos de Minas	MG	47,7	Machadinho D'Oeste	RO	38,11

Tabela 2 – Principais municípios brasileiros em vacas ordenhadas (1990 – 2004 – 2017)

Fonte: IBGE. Elaboração dos autores.

Vale destacar, assim, o incremento de produtividade ocorrido no período analisado. Enquanto os 50 maiores municípios produtores de leite detinham, em 2017, 12,5% da produção total de leite, suas vacas ordenhadas correspondiam a 9,3% do total. Nos 100 maiores, a participação na produção e nas vacas ordenhadas foi de 19,7% e de 15,5%, respectivamente.

A partir dos dados de concentração da produção e vacas ordenhadas, ao longo desta série, entre 1990 e 2017, denota-se que há uma tendência de maior concentração da produção, em relação aos principais municípios produtores. Todavia, em razão da dimensão da cadeia produtiva, do número de estabelecimentos produzindo leite, distribuídos em 5.570 municípios, há uma baixa concentração geral da produção. Entretanto, do ponto de vista territorial, uma análise de agrupamento poderia apontar a formação de clusters, além de uma relação de dependência entre os diversos municípios no espaço geográfico.

Razão de Concentração	Produção de leite			Vacas ordenhadas		
	1990	2004	2017	1990	2004	2017
CR(1)	0,4%	0,5%	0,8%	0,6%	0,6%	0,3%
CR(10)	3,2%	3,8%	4,1%	3,5%	3,4%	2,6%
CR(50)	10,8%	12,2%	12,5%	11,6%	10,7%	9,3%
CR(100)	17,7%	18,8%	19,7%	18,4%	17,2%	15,5%

Tabela 3 - Concentração da produção de leite e vacas ordenhadas no Brasil: base municipal

Fonte: Autores

A visualização geoespacial fornece um suporte estratégico para análise de toda extensão territorial, visando a identificação de clusters e de influência entre os municípios quanto aos níveis de produção. Vale a pena analisarem-se dados acerca de indicadores de aglutinação da atividade nos municípios no decorrer nos anos, tendo em vista que pela observação do mapa de produção percebe-se regiões com uma maior densidade de produção, principalmente no oeste de Minas Gerais, Goiás, Paraná, Santa Catarina de Rio Grande do Sul, além do mapa de vacas ordenhadas que mostra distribuição semelhante (Figura 1). Entretanto, para visualização dos clusters de produção, as variáveis como produtividade animal ou densidade de produção por área podem desempenhar bem esse papel (Figura 2), enfatizando áreas, em base municipal, onde o leite se intensifica. Portanto, o leite está se concentrando e isso abre uma perspectiva de competitividade territorial, com formação de mão de obra, assistência técnica e todos os serviços necessários para o desenvolvimento da produção leiteira. Essa maior densidade também aumenta a competitividade industrial, com redução do custo logístico. Ou seja, o leite ainda está presente em todos os municípios brasileiros mas a tendência é que ele se concentre em um menor número de municípios. Foi assim em outras cadeias produtivas também. É questão de tempo.

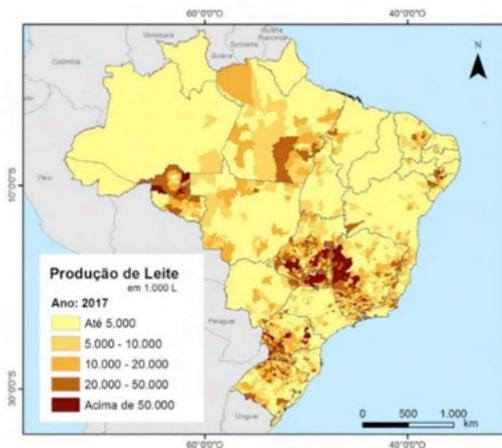
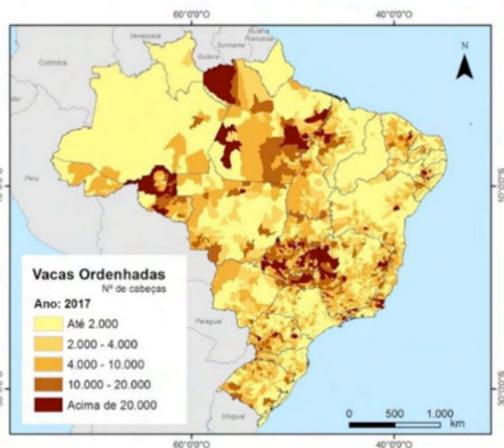



Figura 1 – Distribuição da produção de leite (A) e vacas ordenhadas (B) no Brasil em 2017, em base municipal.

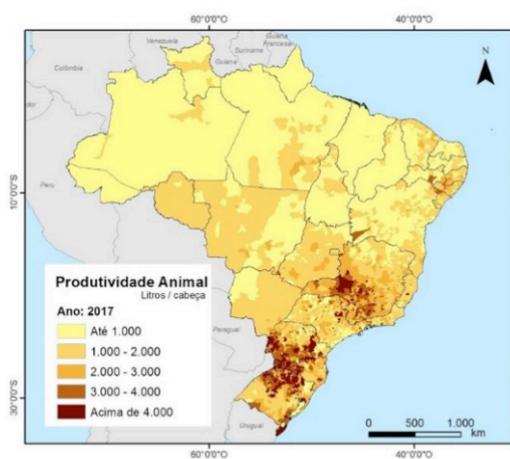
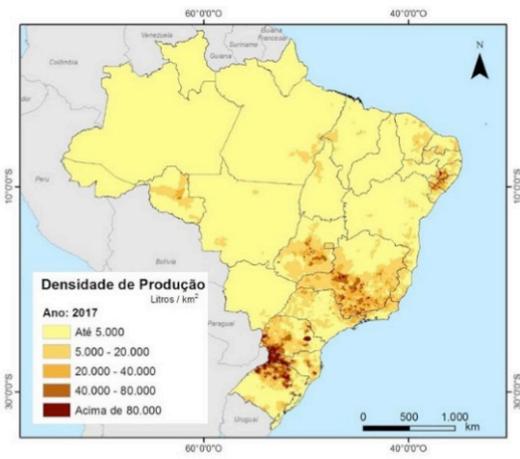



Figura 2 – Produtividade animal (A) e densidade de produção leiteira por área (B) no Brasil em 2017, em base municipal.

REFERÊNCIAS

*HOTT, M. C., CARVALHO, G. R., ANDRADE, R. G., MAGALHAES JUNIOR, W. C. P. Concentração da produção e vacas ordenhadas nos municípios brasileiros. In: Revista Balde Branco/Ano 54 n. 651. 16-17, 2019. São Paulo-SP: Balde Branco.

SEÇÃO II

AGROPECUÁRIA E CLIMA

CAPÍTULO 11

ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO NA PECUÁRIA LEITEIRA*

Data de aceite: 15/12/2021

Ricardo Guimarães Andrade

Marcos Cicarini Hott

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Glauco Rodrigues Carvalho

Maria Gabriela Campolina Diniz Peixoto

No Brasil, os zoneamentos de risco climático são elaborados para diversas culturas agrícolas e têm sido extensivamente investigados. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), desenvolvido pela Embrapa e parceiros, é aplicado oficialmente desde 1996, por meio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. No entanto, há carência de estudo deste tipo para a pecuária, seja de corte ou de leite, que leve em consideração o desempenho de diferentes raças bovinas, bem como as condições das pastagens que podem ser afetadas pelas variações climáticas locais, regionais ou nacionais.

O ZARC voltado para a pecuária leiteira pode ser visto como um instrumento de política pública e gestão de riscos climáticos, que visa minimizar os efeitos relacionados aos fenômenos climáticos adversos e otimizar a produção e a produtividade da bovinocultura leiteira, considerando a relação entre a genética animal, as condições ambientais para conforto animal e a disponibilidade de forragens.

Nos ambientes tropicais, a elevada temperatura associada à alta umidade relativa do ar, com maior intensidade no verão, pode causar desconforto térmico aos animais e, consequentemente, perdas de produção (Figura 1).

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) disponibiliza para o setor produtivo estimativas atualizadas do Índice de Temperatura e Umidade - ITU que, entre outras aplicações, são úteis para identificar as condições de conforto térmico dos animais e orientar práticas para amenizar seus possíveis impactos negativos sobre o desempenho do rebanho.

Figura 1 – Visualização de rebanho na busca por melhores condições de bem-estar sob um pivô central de irrigação da pastagem. Foto: Acervo pessoal de Maria Gabriela Campolina Diniz Peixoto.

A Figura 2 ilustra um exemplo do ITU aplicado ao município de Unaí, um importante produtor de leite de Minas Gerais. Observa-se que neste município, durante alguns dias do mês de outubro de 2020, houve perigo ao bem-estar animal, quando o índice esteve acima da linha de cor vermelha, que indica forte desconforto térmico. Além disso, notam-se vários dias com indicativos de alerta e de atenção, quando o ITU esteve acima das linhas de cores laranja e amarela, respectivamente. Vale destacar que as condições ambientais têm impacto direto na eficiência dos processos de controle térmico pelo animal, resultando na intensificação de estresse calórico e, por conseguinte, interferindo na sua eficiência produtiva e reprodutiva.

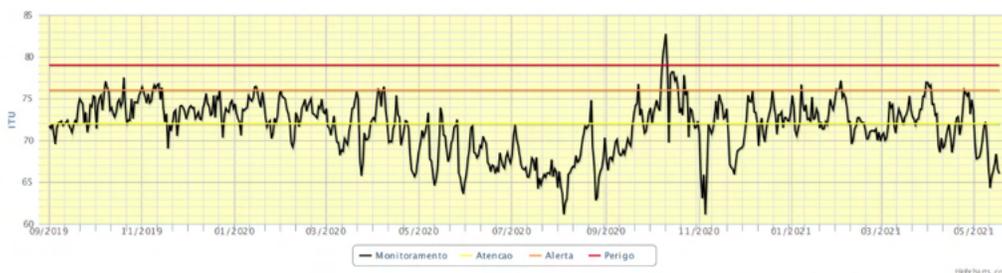



Figura 2 – Índice de temperatura e umidade (ITU) relacionado ao conforto térmico bovino para o município de Unaí, MG. Fonte: INMET (2021).

Os animais de origem europeia acabam sendo mais sensíveis, por serem de alta produção e provenientes de regiões temperadas, mas não são os únicos. No geral, todas as raças sentem o impacto negativo desse estresse. Estudo em sistema ILPF publicado no portal Milkpoint mostrou que mesmo vacas Gir leiteiro tiveram aumento de 22% na produção de leite quando houve o acesso à sombra de eucalipto. Em outra análise, houve a avaliação do estresse em vacas secas que indicou redução na produção de leite da próxima lactação. Dessa forma, é importante observar e monitorar os animais em seu ambiente de

produção, seja em sistemas a pasto ou confinados, e ao se concluir sobre a existência de estresse calórico, buscar meios para reduzi-lo.

As pastagens naturais ou cultivadas constituem base da alimentação do rebanho na maioria das fazendas de produção de leite no Brasil. Assim, qualquer alteração na sua qualidade ou disponibilidade pode interferir na produtividade e na rentabilidade da atividade. Torna-se fundamental, portanto, considerar a pastagem como um dos principais recursos para o sucesso desta atividade. A sazonalidade da produção das pastagens é muito afetada pelas condições climáticas, determinando aspectos como a quantidade e a qualidade da massa forrageira e sua interferência na produção de leite em diferentes escalas geográficas (local, regional e nacional).

Pastagens em estágio avançado de degradação têm sido um grande problema para a pecuária brasileira. Apesar do consenso entre os especialistas sobre a existência de degradação, há divergências em relação à dimensão do problema, pois as metodologias de análise se diferem quanto à forma de mensuração ou avaliação do fenômeno quantitativa e qualitativamente. O Censo Agropecuário de 2017 (IBGE), de fonte declaratória, apontou a existência de cerca de 12 milhões de hectares de pastagens em condições de degradação no Brasil (Figura 3). Por outro lado, mapeamentos do vigor ou produtividade das pastagens têm sido realizados por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Em mapeamento efetuado, por exemplo, pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), vinculado à Universidade Federal de Goiás, os resultados indicaram que 99 milhões de hectares de pastagens podem estar degradadas no Brasil (Figura 4).

O mapeamento foi baseado em dados de satélite e avalia alterações no vigor das pastagens por meio da análise temporal de índices de vegetação. As áreas com tendências de perda de vigor da vegetação foram consideradas como áreas com indicativos de degradação. Tal estatística evidencia o grande potencial de incremento de produtividade na pecuária nacional via melhorias no manejo destas pastagens, o que vai também impactar positivamente na redução de custos de produção de leite e de corte.

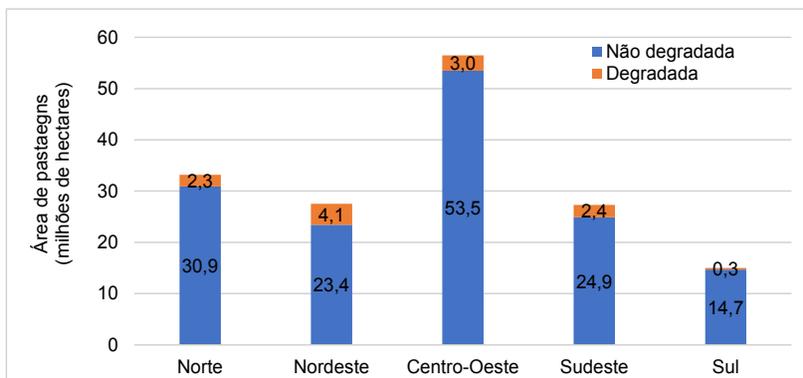



Figura 3 – Área de pastagens não degradadas (barra azul) e degradadas (barra laranja) nas Regiões brasileiras. Fonte: Censo Agropecuário (IBGE, 2017).

Conforme mostrado na Figura 4, essa realidade não é específica de um bioma, mas um retrato do País. Vale mencionar que a degradação de pastagens acaba afetando mais a pecuária extensiva de corte, mas tem o seu efeito na pecuária de leite também, principalmente em sistemas de produção baseados no pastejo. De forma geral, é comum a observação de pastagem com algum grau de degradação em fazendas de leite em sistemas mais extensivos, semi-extensivos e semi-confinados.

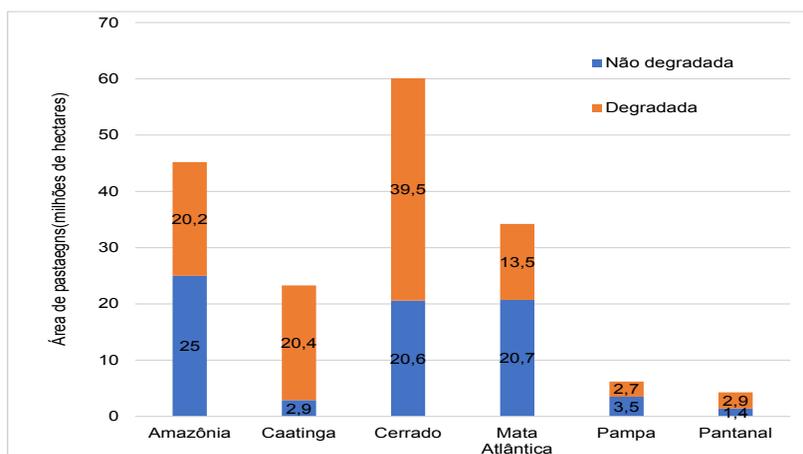



Figura 4 – Área de pastagens não degradadas (barra azul) e degradadas (barra laranja) em Biomas brasileiros, período 2011 a 2016. Fonte: LAPIG/UFG – Atlas das Pastagens Brasileiras.

Em Minas Gerais, é fácil observar essa situação em propriedades da Zona da Mata, Campo das Vertentes e Norte de Minas. Mas ela pode se estender a outras localidades. Em muitos casos a degradação não está no pasto das vacas em lactação, mas nas áreas utilizadas por vacas secas e novilhas, podendo ter efeitos negativos no desenvolvimento

e, inclusive, na reprodução dos animais, conduzindo, por exemplo, a uma idade tardia ao primeiro parto ou a um grande intervalo de partos. Como consequência, o sistema de produção poderá se tornar inviável economicamente e o produtor abandonar a atividade.

Dessa forma, o conhecimento do território e a sua representação são condições básicas para a promoção do desenvolvimento, sendo que o fator do risco climático mostra a necessidade premente do desenvolvimento de pesquisas focadas no aumento da eficiência produtiva em condições climáticas tropicais, conforme zoneamento estabelecido. Assim é importante a criação de programas de seguro de produtividade ou de renda, uma pauta dos principais fóruns do setor no País (Câmara Setorial do MAPA, CNA, entre outros) e no mundo, de acordo com o risco climático identificado. Faz-se necessário também estabelecer a adequação das várias raças leiteiras a cada contexto ambiental e produtivo, bem como conservar aspectos de sua adaptação ambiental ou melhorá-las geneticamente para uma maior adaptação aos diversos ambientes tropicais.

Atualmente, a Embrapa Gado de Leite lidera um projeto de zoneamento de risco climático para a pecuária leiteira. Esta pesquisa integra amplas bases de dados históricos de clima e produção, obtidos a partir das séries de dados meteorológicos (INMET, ANA e outras), controle zootécnico e produtividade das pastagens. Com os resultados espera-se conferir maior precisão nas informações geradas sobre o risco climático no País, contribuindo para estabelecer estratégias de gestão de risco e políticas de apoio ao setor.

REFERÊNCIAS

*ANDRADE, R.G.; HOTT, M. C.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P.; CARVALHO, G. R. Zoneamento de risco climático na pecuária leiteira. O que é? Para que serve? In: Milkpoint, jun, 2021. https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/zoneamento-de-risco-climatico-na-pecuaria-leiteira-o-que-e-para-que-serve-225702/.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>. Acesso em: 07 out. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Conforto Térmico Bovino**. Climatologia. SISDAGRO/INMET. Disponível em: <http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/climatologia/confortotermicobovino>. Acesso em: 07 out. 2021.

LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO – LAPIG. **Atlas das Pastagens Brasileiras**. Universidade Federal de Goiás – UFG. Disponível em: < https://lapig.iesa.ufg.br/p/38972-atlas-das-pastagens>. Acesso em: 07 out. 2021.

CAPÍTULO 12

EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM PASTAGENS USANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO*

Data de aceite: 15/12/2021

Ricardo Guimarães Andrade

Marcos Cicarini Hott

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Estudos mostram que o sucesso da pecuária brasileira está diretamente ligado ao fato do gado ser criado em pastagens, o que possibilita competitividade da pecuária brasileira frente ao mercado internacional. No entanto, muitos fatores influenciam a capacidade produtiva das pastagens e, consequentemente, a produção de carne e leite. Entre elas, há variações na precipitação, causando períodos de déficit hídrico mesmo durante as estações chuvosas, o que torna a evapotranspiração (ET) um fator importante no diagnóstico das condições climáticas e ambientais das áreas de pastagem.

As técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo aplicadas com eficiência, pois permite sua estimativa em grandes áreas sem a necessidade de quantificar outros processos hidrológicos. Essas técnicas permitem estimar a ET por meio de imagens de sensoriamento remoto ao aplicar algoritmos e modelos, destacando-se entre eles o SEBAL - Surface Energy Balance Algorithm for Land (Bastiaanssen et al.,1998a, 1998b).

A aproximação do SEBAL tem demonstrado boa precisão no mapeamento da ET ao redor do mundo, com precisões de cerca de 85% e 95%, respectivamente, a níveis diários e sazonais (Bastiaanssen et al., 2005). Assim, o presente estudo objetivou estimar a evapotranspiração diária ($ET_{diária}$) em áreas de pastagem da Fazenda Experimental da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS (Figura 1). Para tanto, foram utilizados algoritmo SEBAL, dados meteorológicos (temperatura do ar, radiação e velocidade do vento) provenientes da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), latitude 20,45ºS, longitude 54,6166ºW e altitude de 530 metros, Campo Grande, MS, e cenas Landsat 5-TM (seguintes datas: 11/05/2009, 28/06/2009, 30/07/2009 e 02/10/2009). As cenas possuem resolução espacial de 30 m nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e de 120 m na banda 6 (termal), adquirida por meio do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, ao acessar o sítio http://www.dgi.inpe.br/CDSR/.

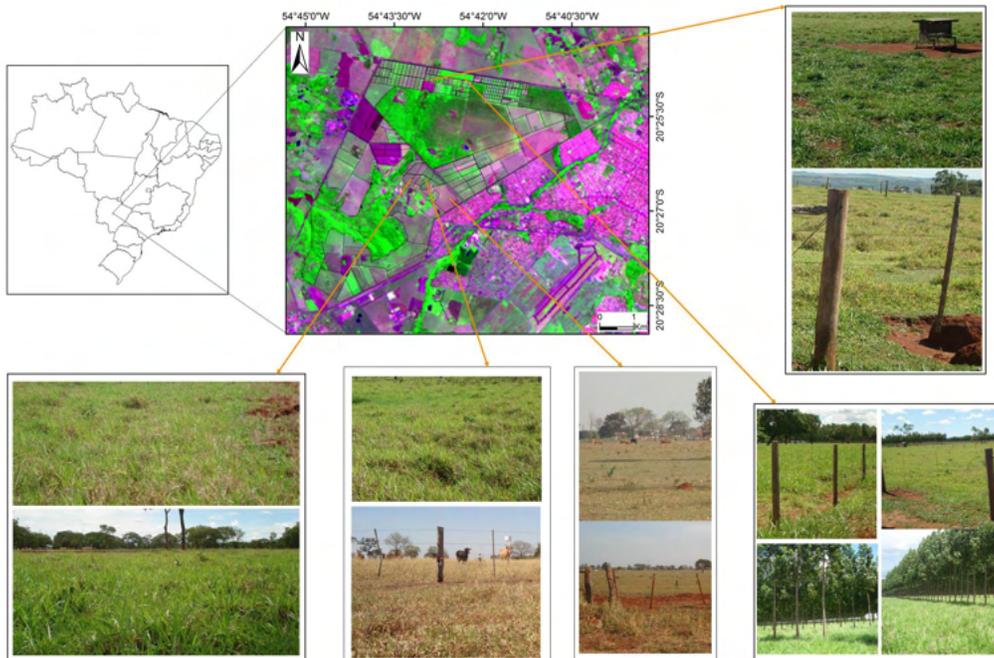



Figura 1 – Localização da Fazenda Experimental da Embrapa Gado de Corte. Os polígonos representam as áreas de pastagens da fazenda.

Por meio do algoritmo SEBAL foram estimados os componentes do balanço de energia, sendo que o fluxo de calor latente (LE) foi estimado como resíduo das demais componentes do balanço de energia pela seguinte equação (Bastiaanssen et al., 1998a):

$$LE = Rn - H - G \qquad (01)$$

Em que, Rn é o saldo de radiação (W m^{-2}), H é o fluxo de calor sensível (W m^{-2}) e G é o fluxo de calor no solo (W m^{-2}). Dentre as componentes, o saldo de radiação foi a primeira a ser obtida, conforme detalhado por Allen et al. (2002). Em seguida, calculou-se o fluxo de calor no solo (G, W m^{-2}) por meio da equação (Bastiaanssen, 2000):

$$G = \left[\frac{T_s}{\alpha} (0{,}0038\alpha + 0{,}0074\alpha^2)(1 - 0{,}98\,NDVI^4) \right] Rn \qquad (03)$$

Em que, T_s é a temperatura da superfície (°C), α é o albedo da superfície (adimensional), NDVI é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada e Rn é o saldo

de radiação. Posteriormente, foi estimado o fluxo de calor sensível (H, W m^{-2}). Todas as etapas, em detalhes, para estimativa de H também se encontram disponíveis em Allen et al. (2002). De posse de Rn, G e H estimou-se LE conforme equação 1. Na sequência, estimou-se a fração evaporativa (l) por:

$$\lambda = \frac{LE}{LE + H} = \frac{LE}{Rn - G} \quad (04)$$

Estudos micrometeorológicos indicam que a fração evaporativa (λ) pode ser considerada constante durante o período diurno (Crago, 1996). Assim, para estimativa da evapotranspiração real diária ($ET_{diária}$, mm d^{-1}), em larga escala, foi empregada a equação proposta por Ayenew (2003):

$$ET_{diária} = \frac{\lambda \, Rn_{diário}}{28} \quad (05)$$

Em que, $Rn_{diário}$ é o saldo de radiação para o período de 24 horas (detalhes são apresentados por Ayenew, 2003) e o escalar no denominador representa o fator de conversão de unidades (W m^{-2} para mm d^{-1}).

Na Tabela 1 observa-se que o NDVI médio variou de 0,41 ± 0,11 a 0,46 ± 0,09, neste caso, a menor média foi no mês de outubro (02/10/2009) e uma das justificativas pode estar na defasagem de resposta da vegetação em relação ao início do período chuvoso. Assim, na média, as pastagens apresentaram o menor vigor vegetativo no mês de outubro, o que pode indicar baixa disponibilidade de biomassa verde. Este fato pode ser justificado pelos valores médios de IAF e Albedo estimados para a cena de 02/10/2009. A biomassa seca possibilita maior refletividade da superfície de pastagem e, por conseguinte, indica maior valor na estimativa de albedo (0,23 ± 0,02). Moura et al. (1999) obtiveram, para áreas de pastagens, valores médios de albedo horário de 0,204 e 0,197, respectivamente, na época seca e chuvosa. Por outro lado, ao analisar os valores médios de ET, nota-se que, o mês de outubro foi o que apresentou o maior valor (2,2 ± 0,7 mm d^{-1}) e a justificativa pode estar na própria definição de ET, ou seja, soma das componentes transpiração das plantas com a evaporação do solo. Assim, com o início do período chuvoso, o solo permanece úmido por um período maior e contribui para o aumento dos valores de ET.

Data	NDVI	IAF (m^2/m^2)	Albedo	ET (mm d^{-1})
11/05/2009	0,46 ± 0,09	1,67 ± 0,32	0,17 ±0,02	1,9 ± 0,4
28/06/2009	0,45 ± 0,10	1,50 ± 0,57	0,19 ± 0,02	1,7 ± 0,8
30/07/2009	0,43 ± 0,12	1,75 ± 0,54	0,20 ± 0,02	1,8 ± 0,6
02/10/2009	0,41 ± 0,11	1,78 ± 0,49	0,23 ± 0,02	2,2 ± 0,7

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão de parâmetros biofísicos estimados em áreas de pastagens

De acordo com os mapas apresentados na Figura 2 é possível observar que os maiores valores de ET (tons de azul) ocorreram em áreas representadas por florestas e corpos d'água. Já os menores valores de ET (tons de bege) estão localizados em áreas de pastagens com exposição de solo, entretanto, ressalta-se que na cena de 02/10/2009 diminuiu significativamente as manchas de ET em tons de bege ($ET_{diária} \leq 0,5$ mm d^{-1}), possivelmente, devido a maior umidade do solo no mês de outubro. Espacialmente, para áreas de pastagens, há predominância dos valores de ET em classes intermediárias que estão representadas por tons de verde ($0,5 < ET_{diária} \leq 3,5$ mm d^{-1}, com média de 1,90 mm d^{-1}).

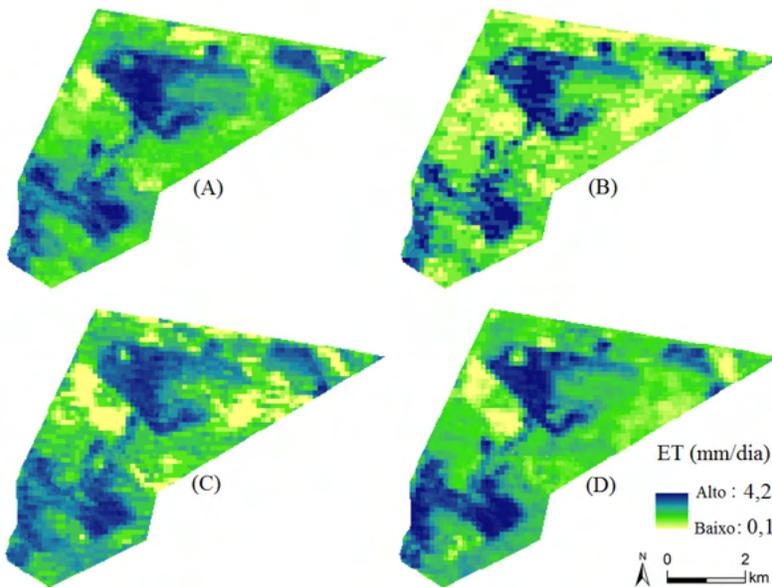



Figura 2 – Evapotranspiração estimada para as cenas de: 11/05/2009 (A), 28/06/2009 (B), 30/07/2009 (C) e 02/10/2009 (D).

Para áreas de pastagem (capim Tanzânia) irrigada por pivô-central, Silva et al.

(2005) encontraram ET média (período de um ano) de 4,13 mm d^{-1} e 4,34 mm d^{-1} por meio do balanço de energia e lisímetro de pesagem, respectivamente. Entretanto, Meirelles et al. (2003), ao aplicar o método da razão de Bowen numa pastagem de *Brachiaria brizantha*, na região do Cerrado brasileiro, encontraram valores médios diários de ET da ordem de 5,19 ± 1,9 mm d^{-1}. Nota-se que os valores de $ET_{diária}$ estimados a partir do uso do algoritmo SEBAL e imagens Landsat 5 – TM apresentou valores um pouco mais baixos quando comparado com a literatura. Uma das possíveis justificativas pode estar no fato das pastagens em estudo estarem sujeitas às variações hídricas (excesso ou déficit) conforme o volume precipitado (sem irrigação). De forma geral, a metodologia de estimativa de $ET_{diária}$ em larga escala tem potencial para ser aplicada como indicador das condições hídricas das pastagens, contribuindo para tomada de decisão que favoreça a produção da pecuária com sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation**, version 1.0, 2002. 98p.

*ANDRADE, R. G.; HOTT, M. C.; MAGALHAES JUNIOR; W. C. P. Estimativa da evapotranspiração em áreas de pastagens usando algoritmo SEBAL e imagens Landsat 5 - TM. In: Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 1 n. 2, p. 362-372, 2018.

AYENEW, T. Evapotranspiration estimation using thematic mapper spectral satellite data in the Ethiopian rift and adjacent highland. **Journal of Hydrology**, v. 279, p. 83-93, 2003.

BASTIAANSSEN, W. G. M. SEBAL – based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v.229, p.87-100, 2000.

BASTIAANSSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212/213, p. 198-212, 1998a.

BASTIAANSSEN, W. G. M.; PELGRUM, H.; WANG, J.; MA, Y.; MORENO, J. F.; ROERINK, G. J.; VAN DER WAL, T. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 2. Validation. **Journal of Hydrology**, v. 212/213, p. 213-229, 1998b.

BASTIAANSSEN, W. G. M.; NOORDMAN, E. J. M.; PELGRUM, H.; DAVIDS, G. SEBAL Model with Remotely Sensed Data to Improve Water-Resources Management under Actual Field Conditions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 131, n. 1, p. 85-93, 2005.

CRAGO, R. D. Conservation and variability of the evaporative fraction during the daytime. **Journal of Hidrology**, v. 180, p. 173-194, 1996.

MEIRELLES, M. L., FARIAS, S. E. M., FRANCO, A. C. **Balanço de energia de uma pastagem cultivada no cerrado**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Cerrados. Planaltina, DF. 2003. 14p.

MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F. F.; BENINCASA, M.; SOUZA, J. S.; NASCIMENTO FILHO, M. F. Variação do albedo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 2, p. 163-168, 1999.

SILVA, L. D. B.; FOLEGATTI, M. V.; VILLA NOVA, N. A. Evapotranspiração do capim Tanzânia obtida pelo método de razão de bowen e lisímetro de pesagem. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 25, n. 3, p. 705-712, 2005.

CAPÍTULO 13

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS SOBRE A PECUÁRIA LEITEIRA

Data de aceite: 15/12/2021

Ricardo Guimarães Andrade

Marcos Cicarini Hott

Glauco Rodrigues Carvalho

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Maria Gabriela Campolina Diniz Peixoto

A agropecuária se intensifica e toma contornos próprios nos diversos biomas do território brasileiro, muito em função do clima. É importante observar que a produção e a produtividade agrícola poderão ser influenciadas em maior ou menor intensidade pelas condições climáticas de uma determinada região. Para o produtor rural é fundamental buscar informações sobre o clima para subsidiar o planejamento das atividades agropecuárias frente aos eventos críticos que poderão impactar a produção da propriedade rural. Para a indústria de laticínios, o monitoramento do clima ajuda a antecipar movimentos de oferta de leite, sobretudo quando as condições de precipitação e temperatura fogem da normalidade.

A exploração de pastagens é um ponto relevante na pecuária leiteira, uma vez que predominam na atividade leiteira sistemas semi-intensivos, nos quais parte da dieta é proveniente da pastagem. Assim, é importante considerar o papel das gramíneas forrageiras como um dos principais fatores responsáveis pelo sucesso da atividade pecuária. A produtividade de uma gramínea forrageira decorre da contínua emissão de folhas e perfilhos para restauração e expansão da área foliar, que garante à forrageira sua perenidade e ao pecuarista uma exploração contínua da pastagem durante boa parte do ano. Os fatores, como luz, temperatura, disponibilidade de nutrientes e água, são fundamentais para o crescimento das plantas por afetar várias características morfogênicas (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996) das gramíneas e também a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2004).

É importante ressaltar que as características de interesse econômico aos sistemas de produção de leite, sejam elas a produção de leite ou de sólidos ou, até mesmo, as reprodutivas, são muito influenciadas pelas condições do ambiente produtivo (VAN VLECK et al., 1987). Assim, o desempenho produtivo dos animais dependerá do quão favorável é o ambiente para expressar seu potencial genético para produção. A qualidade nutricional da dieta é um dos principais fatores concorrentes para que a produção de leite ocorra em quantidade e qualidade, bem como para a maximização da eficiência produtiva na pecuária leiteira.

A disponibilidade hídrica é sem dúvida um dos mais importantes fatores para a produtividade

das gramíneas, por interferir na absorção de nutrientes, na abertura e no fechamento dos estômatos e na divisão celular (LAWLOR, 1995). A Figura 1 apresenta um mapa do índice de vegetação padronizado para o segundo decêndio de fevereiro de 2012, para a Região Sul do país (LEIVAS et al., 2014). Esse índice apresenta boa correlação com a disponibilidade hídrica regional. As regiões destacadas em tons de vermelho representam a condição de dois desvios-padrão abaixo da média do índice esperado para o período (região mais afetada pelo estresse hídrico). Por outro lado, as áreas destacadas em tons de verde escuro representam a condição de dois desvios acima da média histórica (anomalias positivas), ou seja, indicam que a vegetação apresentava desenvolvimento acima da média e, com isso, bem suprida pelas condições hídricas.

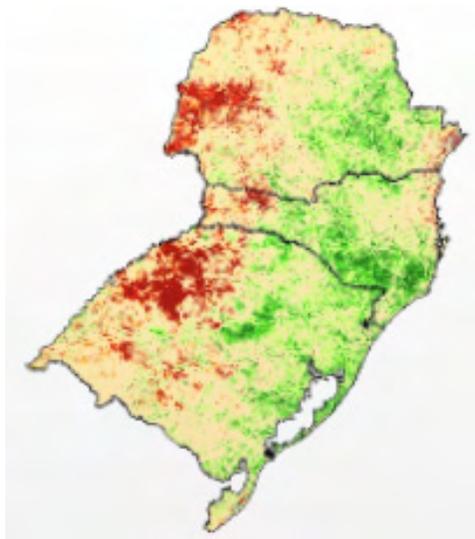



Figura 1 – Mapa do índice de vegetação padronizado para o segundo decêndio de fevereiro de 2012, para a região Sul do Brasil (LEIVAS et al., 2014).

Já a temperatura do ar é uma variável que pode afetar praticamente todos os processos fisiológicos da planta, tais como germinação e absorção de água e nutrientes. Além disso, pode influenciar no aspecto e prazos de desenvolvimento e produção das plantas. Para a maioria das espécies vegetais, a temperatura do ar considerada ótima está na faixa entre 15ºC e 30ºC. De forma geral, valores de temperatura do ar abaixo ou acima desta faixa, dependendo do tempo de exposição, podem impactar significativamente tanto o acúmulo de biomassa quanto a duração de cada estágio de desenvolvimento das culturas.

Nesse contexto, observa-se que a sazonalidade da produção de forrageiras, característica marcante de uma pecuária leiteira mais extensiva, que pode ser influenciada

pelas condições climáticas, determina a quantidade e qualidade das pastagens (ANDRADE et al., 2016a,b) e, por conseguinte, interfere na oferta de leite em diferentes escalas geográficas (municipal, regional e nacional).

O clima também tem efeitos no conforto térmico e bem-estar dos animais. As condições ambientais têm impacto direto na eficiência dos processos de perda de calor pelo animal, resultando na intensificação de estresse calórico e, consequentemente, interferindo na eficiência produtiva e reprodutiva com perdas de 30% a 40% na produção de leite (RENSIS; SCARAMUZZI, 2003; WEST, 2003; NARDONE et al., 2010). Sob condições de estresse calórico, além de redução no consumo de matéria seca, parte da energia do organismo, que seria destinada à produção e reprodução, é direcionada para respostas comportamentais e fisiológicas para regular a temperatura corporal e manter as funções vitais. Em períodos de estresse calórico, a ingestão de matéria seca pode reduzir-se em 10% a 20% (RHOADS et al., 2009, SEDDON, 2019).

No entanto, o maior problema a ser enfrentado durante o verão é a queda significativa nos índices reprodutivos. Esta queda se manifesta por redução na taxa de detecção do cio, concepção e, consequentemente, prenhez; e aumento da incidência de mortes embrionárias e de abortos, com substancial comprometimento da renda da propriedade (RENSIS; SCARAMUZZI, 2003). Além disso, o estresse calórico pode afetar o status imunológico dos animais, principalmente das vacas em período de transição, tornando-as mais susceptíveis a doenças (VITALI et al., 2016) e com menor capacidade de recuperação da saúde após as enfermidades. Este efeito é drástico para a eficiência do sistema de produção, pois se relaciona diretamente com a produtividade, a vida útil dos animais e o retorno econômico ao investimento feito na atividade, pois implicam em prejuízos diretos (gastos com medicamentos) e indiretos (redução do desempenho produtivo e reprodutivo) para a atividade.

A gestão financeira da propriedade pode também ficar comprometida quando se considera o efeito do estresse térmico sobre a qualidade e composição do leite. O elevado Índice de Temperatura e Umidade (ITU) implica em redução na percentagem de gordura e de proteína, além de aumentar a contagem de células somáticas (BERTOCCHI et al., 2014; LAMBERTZ et al., 2014), contribuindo para a redução do preço recebido pelo leite. A capacidade de resposta ao estresse calórico é raça-dependente (BERNABUCCI et al., 2010; MCMANUS et al., 2011). Nesse aspecto, os bovinos Zebu (*Bos indicus*), por terem evoluído na faixa tropical da Índia e Paquistão, são bem adaptados a ambientes quentes, possibilitando sua criação nestas condições tropicais (MCMANUS et al., 2011).

Estudos de interação genótipo-ambiente observaram a existência de antagonismo genético entre o nível de produção e a resposta dos animais ao estresse calórico. No entanto, assim como já reportado para animais europeus (*Bos taurus*) (AGUILAR et al., 2010; SANTANA JR. et al., 2015), têm sido encontradas evidências de que a alta tolerância

ao estresse calórico de animais Zebu pode ser, da mesma forma, deteriorada pela seleção contínua para alta produção de leite (SANTANA JR. et al., 2015; SANTANA JR., et al. 2020).

Outro ponto importante se refere às condições climáticas propícias para a proliferação de pragas e doenças tanto na produção vegetal (*Mahanarva fimbriolata*, antracnose foliar, mancha foliar de Diplodia, ferrugem - polissora e tropical) quanto animal (intoxicações, verminoses e parasitoses, doenças respiratórias, entre outras).

O Brasil é um país de dimensões continentais com diferentes condições climáticas. Nesse caso, tanto as lavouras quanto as pastagens podem ser influenciadas pelo clima de acordo com os estágios de desenvolvimento, época do ano e região em que se encontram. Há regiões em que as chuvas são bem distribuídas, e mesmo nessas regiões podem ocorrer, por exemplo, eventos críticos de estiagens, afetando o desenvolvimento das lavouras e das pastagens. Além disso, os bovinos também podem sofrer tanto com o desconforto térmico quanto com pragas e doenças, com impactos negativos sobre sua produção e produtividade. Assim, em função das mudanças climáticas e das possíveis agravantes do aquecimento global, monitorar e preservar as características adaptativas dos bovinos, bem como propiciar condições adequadas à sua boa produtividade, é uma decisão fundamental e urgente.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, I.; MISZTAL, I.; TSURUTA, S. Genetic trends of milk yield under heat stress for US Holsteins. **Journal Dairy Science**, v.93, p.1754-1758, 2010.

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Geotecnologia - Recuperação de pastagens no Cerrado. **Agroanalysis (FGV)**, v. 36, p. 30-33, 2016a. ANDRADE, R. G.; TEIXEIRA, A. H. C.; LEIVAS, J. F.; NOGUEIRA, S. F. Analysis of evapotranspiration and biomass in pastures with degradation indicatives in the Upper Tocantins River Basin, in Brazilian Savanna. **Revista Ceres**, v. 63, p. 754-760, 2016b.

BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; BAUMGARD, L.H.; RHOADS, R. P. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v.4, p.1167-1183, 2010.

BERTOCCHI, L.; VITALI, A.; LACETERA, N.; NARDONE, A.; VARISCO, G.; BERNABUCCI, U. Seasonal variations in the composition of Holstein cow's milk an temperature–humidity index relationship. **Animal**, v. 8, n, 4, p. 667-674, 2014.

LAMBERTZ, C.; SANKER, C.; GAULY, M. Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 319-329, 2014.

LAWLOR, D. W. Photosynthesis, productivity and environment. **Journal of Experimental Botany**, v.46, p.1449-1461, 1995.

LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; VICTORIA, D. C.; BARROS, T. R.; TORRESAN, F. E; VICENTE, L. E.; BOLFE, E. L. Assessment of the Standard Vegetation Index in the indicative monitoring of droughts for

soybean crops. Revista Brasileira de Cartografia. 65/5, p. 1145-1155, 2014.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. **Tissue flows in grazed plant communities**. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) The ecology and management of grazing systems. CAB International: Guilford, 1996. p.3-36.

MCMANUS, C.; CASTANHEIRA, M.; PAIVA, S. R.; LOUVANDINI, H.; FIORAVANTI, M. C. S.; PALUDO, G. R.; BIANCHINI, E.; CORRÊA, P. S. Use of multivariate analyses for determing heat tolerance in Brazilian cattle. **Tropical Animal Health and Production**, v.43, p.623-630, 2011.

NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M. S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v. 130, n. 1, p. 57-69, 2010.

RENSIS, F.; SCARAMUZZI, R.J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow: a review. **Theriogenology**, v.60, p.1139-1151, 2003.

RHOADS, M. L.; RHOADS, R. P.; VANBAALE, M. J.; COLLIER, R. J.; SANDERS, S. R.; WEBER, W. J.; CROOKER, B. A.; BAUMGARD, L. H. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 1986-1997, 2009.

SANTANA, M. L.; PEREIRA, R. J.; BIGNARDI, A. B.; VERCESI FIHO, A. E.; MENÉNDEZ-BUXADERA, A.; EL FARO, L. Detrimental effect of selection for milk yield on genetic tolerance to heat stress in purebred Zebu cattle: genetic parameters and trends. **Journal of Dairy Science**, v.98, p.9035-9043, 2015.

SANTANA, M. L.; PEREIRA, R. J.; BIGNARDI, A. B.; EL FARO, L.; PIRES, M. F. Á.; ANDRADE, R. G.; PEREZ, B. C.; BRUNELI, F. A. T.; PEIXOTO, M. G. C. D. Dual-purpose Guzerá cattle exhibit high dairy performance under heat stress. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.137, p.486-494, 2020.

SEDDON, A. Vai verão, vem verão. **Leite Integral**, n. 123, p.84-88, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Artmed: Porto Alegre, 2013. 954 p.

VAN VLECK, L. D.; POLLOK, E. J.; OLTENACU, E. A. B. **Genetics for the animal Sciences**. W H Freeman & Co: New York, 1987.

VITALI, A.; BERNABUCCI, U.; NARDONE, A.; LACETERA, N. Effect of season, month and temperature humidity index on the occurrence of clinical mastitis in dairy heifers. **Advances in Animal Biosciences**, v. 7, n. 3, p. 250-252, 2016.

WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2131-2144, 2003.

CAPÍTULO 14

MAPEAMENTO DAS PASTAGENS USANDO SENSORIAMENTO REMOTO*

Data de aceite: 15/12/2021

Marcos Cicarini Hott

Ricardo Guimarães Andrade

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

A produção leiteira no país se concentrou nos últimos anos em municípios das Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, com praticamente a metade da produção ocorrendo em apenas 10 mesorregiões. Os fatores que contribuem para esse desempenho passam por técnicas eficientes de manejo dos recursos disponíveis, aliadas à gestão financeira e condições de mercado. Dentre os cenários que possibilitam o planejamento regional, formulação de políticas setoriais e atuariais, por exemplo, o mapeamento de recursos forrageiros e de pastagens pode traduzir em números o potencial produtivo a ser explorado em determinadas regiões do país. Em razão da extensa área de pastagens distribuída ao longo do território brasileiro, o uso de imagens de sensoriamento remoto para análise dessas áreas permite um levantamento menos oneroso e mais ágil. A despeito de diversas estimativas realizadas por diversas instituições e pesquisadores, o Brasil possuía uma área de 160 milhões de hectares de pastagens em 2006, e em 2017 detém 158 milhões de hectares, com base em dados preliminares do IBGE, sendo 92 milhões de hectares de pastagens plantadas (expansão de 9,1%) e 58 milhões de hectares de pastagens naturais (retração de 18,7%), sendo que as pastagens degradadas aumentaram de 9,9 milhões para 11,8 milhões de hectares (expansão de 19,3%), aproximadamente. Considerando os principais Estados produtores de leite, houve redução na área de pastagens totais, natural e plantada, no Rio Grande do Sul (-0,95%), Paraná (-15,11%) e em Goiás (-4,92%), e um aumento na área em Minas Gerais (6,02%) e Santa Catarina (7,32%) (Tabela 1). O uso de séries temporais de imagens de satélites como o Landsat e Terra permitiram um ganho em termos de qualidade gráfica e de informação sobre o comportamento da vegetação e condições fitossanitárias através da resposta espectral, a qual é o retorno da energia ou luz refletida pelos tecidos das plantas e captada pelos sensores dos satélites. Todas essas informações dispostas em gráficos (Figura 1) ou imagens classificadas (Figura 2) permitem avaliações acerca da área, produção e evolução da vegetação de pastagens. As imagens da cobertura vegetal das pastagens são processadas a partir da luz visível e do infravermelho, gerando mapas com precisão variável, com o intuito de avaliar o vigor das pastagens por meio de índices de vegetação.

Pastagens	Área (ha) 2006	Área (ha) 2017	Diferença (ha)	Diferença (%)
MG	18.217.880	19.314.668	1.096.788	6,02
PR	4.733.068	4.017.802	-715.266	-15,11
RS	9.244.936	9.157.180	-87.756	-0,95
GO	15.838.320	15.058.647	-779.673	-4,92
SC	1.707.634	1.832.590	124.956	7,32

Tabela 1 – Evolução da área de pastagens nos principais Estados produtores de leite, em 2006 e 2017.

Fonte: IBGE, 2020.

A Figura 1 apresenta um gráfico para um determinado ponto na imagem de uma região com pastagens, em referência ao perfil do índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) no momento atual e ao longo do tempo.

Figura 1 – Interface da aplicação SAT VEG com perfil temporal de uma área de pastagem (Embrapa Territorial, 2020).

Já a Figura 2 denota a aplicabilidade das imagens de satélite no mapeamento das áreas de pastagens, onde dados acerca do rebanho foram apresentados e cuja metodologia abordou a classificação de imagens de satélite e a taxa de lotação animal para derivar um índice associado ao processo de degradação.

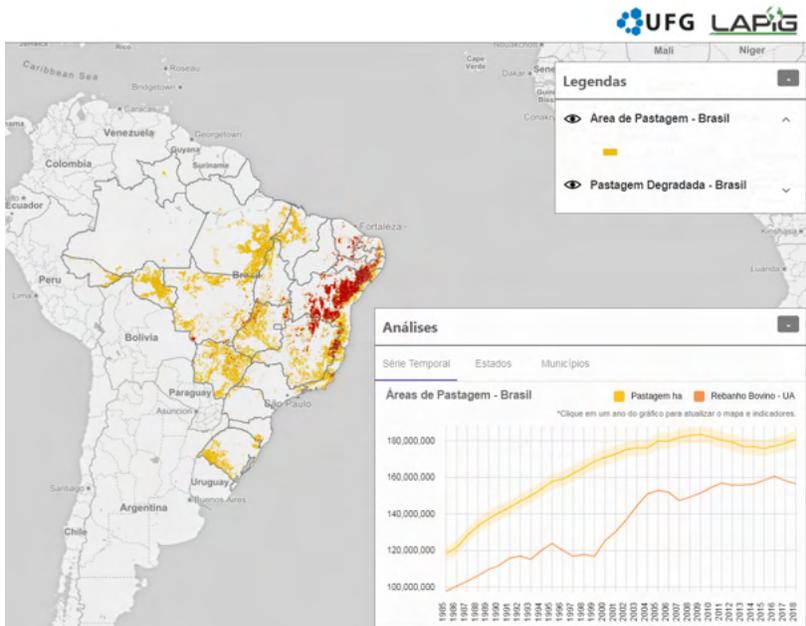



Figura 2 – Resultados de mapeamento de áreas de pastagens para o Brasil (LAPIG / UFG, 2020), cujas áreas na cor laranja pertencem à classe pastagens e na cor vermelha destacam as pastagens degradadas.

A indicação de áreas com bom estado vegetativo, assim como áreas com aspectos de degradação, aponta para a utilização cada vez maior de séries temporais de imagens de satélites no planejamento de ações na cadeia produtiva do leite no que concerne à identificação de áreas de pastagens e de forragens cultivadas. Dessa forma, cenários podem ser gerados por meio de geotecnologias para atendimento às demandas do setor lácteo, de órgãos governamentais e privados de planejamento e desenvolvimento regional. Assim, por meio do monitoramento das condições da vegetação de pastagens, com o uso de imagens de satélite, podem-se acompanhar tendências na produção leiteira e apoiar a tomada de decisão em políticas públicas de mitigação da degradação de pastagens em áreas de interesse.

REFERÊNCIA

*HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; MAGALHAES JUNIOR, W. C. P. Mapeamento de pastagens por imagens de satélites. In: MilkPoint. jun, 2020. Disponível em: https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/mapeamento-de-pastagens-por-imagens-de-satelites-219979/

CAPÍTULO 15

ANÁLISE DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA USANDO SIG E DADOS MODIS*

Data de aceite: 15/12/2021

Ricardo Guimarães Andrade

Marcos Cicarini Hott

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Com o aumento da população e a rápida mudança climática, a água tornou-se uma grande preocupação tanto em termos de meio ambiente como para a sociedade. É esperado que as mudanças climáticas intensifiquem o ciclo hidrológico e alterem a ET, com implicações para os serviços ecossistêmicos e de feedback para o clima regional e global (Mu et. al., 2007a). É sabido que mais da metade da energia solar absorvida pelas superfícies terrestres é usada para evaporar a água e que, a disponibilidade de água, é o principal fator de restrição para o crescimento da vegetação em mais de 40% da superfície terrestre com vegetação (Nemani et al., 2003; Mu et al., 2007b).

A quantificação da ET torna-se essencial para o entendimento das interações entre a energia da atmosfera e da superfície terrestre e os balanços hídricos regionais ou em escala de bacias hidrográficas. No entanto, os métodos convencionais de estimativa de ET têm por base as medições pontuais em situ, tais como lisímetros (Mariano et al., 2015), torres de fluxos - eddy covariance (Moorhead et al., 2019) e razão de bowen (Buttar et al., 2018), sendo um fator limitante para análises da ET em larga escala. Assim, os modelos/algoritmos fundamentados em técnicas de sensoriamento remoto surgem como potencial alternativa para estimativa da ET regional ou global.

Os modelos de balanço de energia da superfície foram aplicados com sucesso em diversas regiões do mundo, sendo muito úteis no monitoramento dos recursos hídricos. Porém, um fator limitante seria a disponibilidade de dados contínuos de sensoriamento remoto com boa resolução espaço-temporal. Com intuito de amenizar tais limitações Cleugh et al (2007) desenvolveram um modelo associando produtos MODIS com a equação de Penman-Monteith. Posteriormente, esse modelo foi modificado por Mu et al. (2007a) e aprimorado o algoritmo por Mu et al. (2011) com a finalidade de produzir um produto de ET global mais preciso. Esse produto denominado por MOD16 pode ser usado para gerar estimativas da ET em escala de bacia hidrográfica e fornecer informações importantes para o gerenciamento de recursos hídricos. Diante do exposto, o presente estudo objetivou o uso do produto MOD16 para análise espaço-temporal da evapotranspiração na bacia do rio Paraibuna.

A bacia do rio Paraibuna tem cerca de 170 km de extensão e com uma bacia de drenagem da ordem de 8.558 km^2 é considerado o maior afluente em volume de água da bacia do Paraíba do Sul, com intensa atividade agropecuária, notadamente, na produção de leite. No presente estudo utilizou-se do produto evapotranspiração (MOD16A2, versão 6) gerado a partir de dados do sensor MODIS/Terra para os tiles H14V11 e H13V11 no período de 22/03/2017 a 22/03/2018. Este produto foi obtido ao acessar o site da Land Process Distributed Active Archive Center (LP DAAC) da USGS por meio do link: <https://lpdaac.usgs.gov/>. Posteriormente, aplicou-se a ferramenta MRT (Modis Reprojection Tools) para conversão de formato HDF (formato original) para TIF. Em seguida, ao utilizar o ArcMap do software ARCGIS (versão 10.1) foi possível aplicar ferramentas de análise espacial para conversão de escala e filtragem dos dados pixel a pixel. Na Figura 1 visualizam-se, para a bacia do rio Paraibuna, as médias e desvios-padrão das estimativas de ET por meio do produto MOD16 no período de 03/2017 a 03/2018. Já na Figura 2 têm-se os mapas das médias mensais de ET no período de março de 2017 (Figura 2A) a março de 2018 (Figura 2M). A ET média de todo o período analisado na área da bacia foi de 3,05 mm d^{-1}.

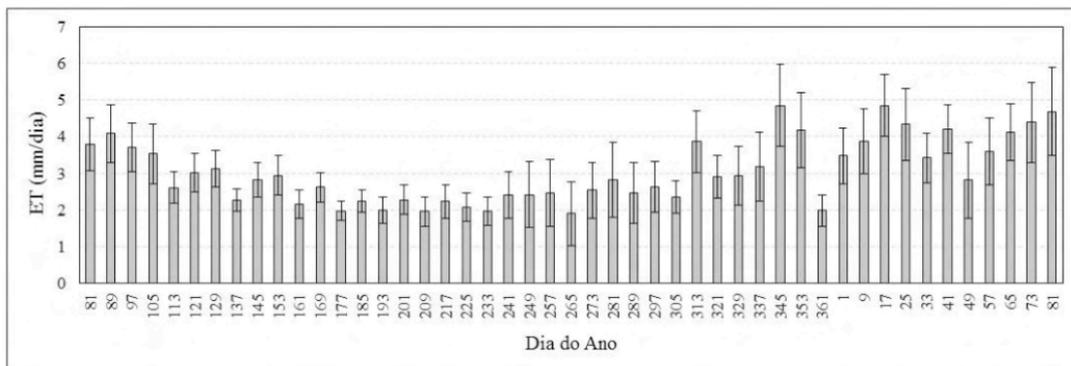



Figura 1 – Médias e desvios-padrão das estimativas de ET por meio do produto MOD16 para a bacia hidrográfica do rio Paraibuna no período de 03/2017 a 03/2018.

Nota-se que em todos os meses analisados há manchas escuras da classe “No data”, com destaque para os meses de abril de 2017 (Figura 2B) e fevereiro de 2018 (Figura 2L). Provavelmente, nesses meses, houve concentração de nuvens sobre boa parte da área da bacia do rio Paraibuna. Nesse caso, a classe “No data” pode ter influenciado nos valores médios de ET e respectivos desvios-padrão nos dias 97, 105 e 113 do ano de 2017 e nos dias 33, 41, 49 e 57 do ano de 2018 (Figura 1). Nos demais meses a classe “No data” concentrou-se sobre a região urbana do município de Juiz de Fora, MG.

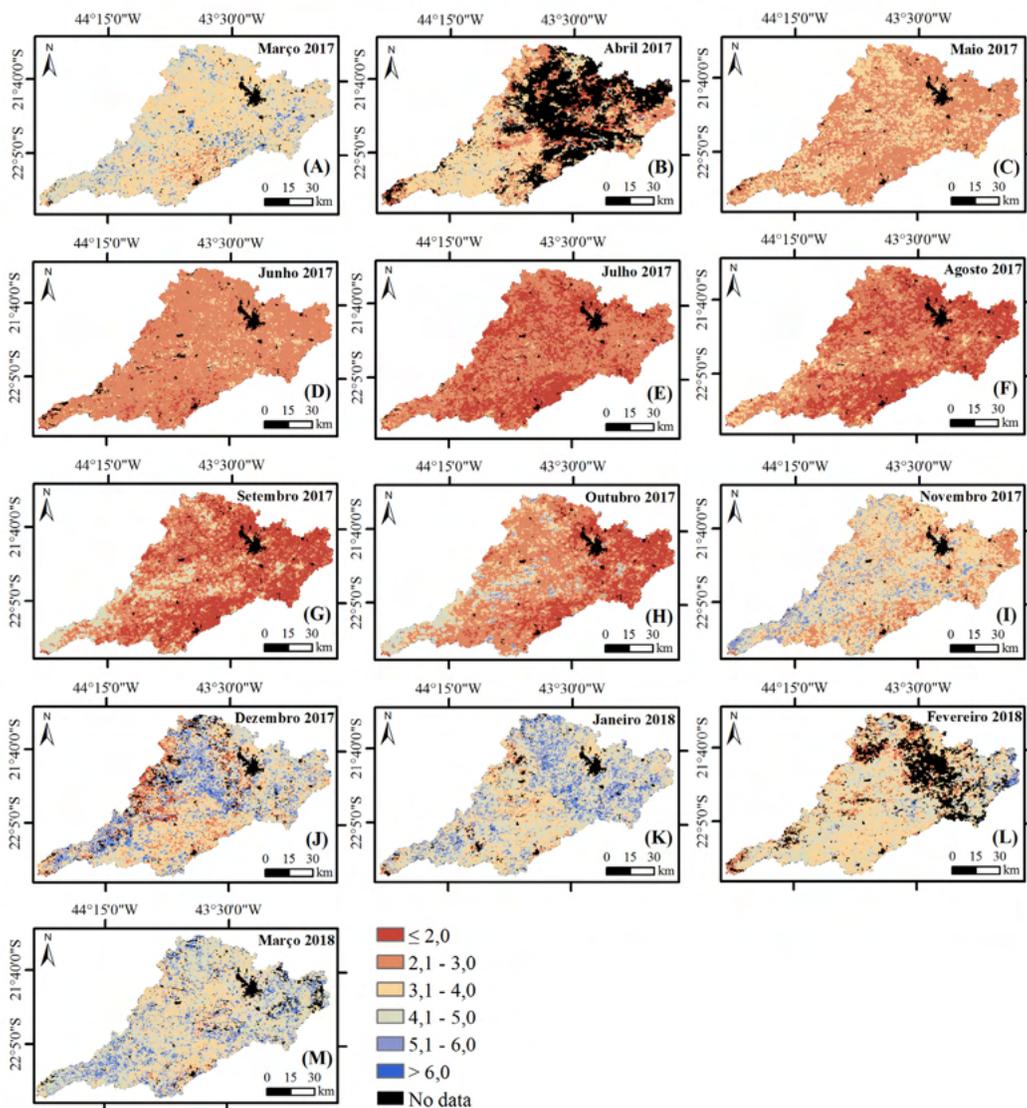



Figura 2 – Mapa das médias mensais das estimativas de ET por meio do produto MOD16 para a bacia hidrográfica do rio Paraibuna no período de março de 2017 (Figura 2A) a março de 2018 (Figura 2M).

Conforme mostram as Figuras 1 e 2, os meses novembro, dezembro, janeiro e março em termos de abrangência territorial, foram os que apresentaram valores de ET ≥ 4,50 mm d^{-1}. Por outro lado, o inverso foi observado nos meses de julho, agosto e setembro em que predominaram os valores de ET ≤ 2,50 mm d^{-1}. Além dos fatores da sazonalidade da precipitação, os valores espaço-temporais da ET também podem ser influenciados pelo tipo e abrangência das classes de uso e cobertura da terra. Silva e Zaidan (2011) aplicaram método de classificação supervisionada em imagens Landsat 5 visando a geração do

mapa de uso e cobertura da terra na bacia do rio Paraibuna. Conforme resultados dos autores cerca de 42% da bacia é coberta por pastagens, 28% por florestas, 27% por terras agrícolas e cerca de 3% corresponderia à soma de solo exposto e estéril, solo urbano ou construído e corpos d'água. A classe pastagens predomina na bacia do rio Paraibuna (Silva e Zaidan, 2011) e, nessa classe, os valores médios de ET variando de 0,50 a 2,50 mm d^{-1} e entre 2,00 e 4,50 mm d^{-1} predominaram nos períodos seco e chuvoso, respectivamente. Ao estimar a ET por meio de técnicas de sensoriamento remoto em áreas de pastagens da Fazenda Experimental da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, Andrade et al. (2018) obtiveram, em período predominante de estação seca do ano, valores de ET variando de 0,50 a 3,50 mm d^{-1}, com média de 1,90 mm d^{-1}. Em pastagens com indicativos de degradação na bacia hidrográfica do Alto Tocantins, Andrade et al. (2016) encontraram, para o período mais seco do ano, valores médios de ET variando entre 1,05 mm d^{-1} (classe forte degradação) e 1,50 mm d^{-1} (classe baixa degradação). As áreas de florestas se referem à segunda classe de maior predominância na bacia do rio Paraibuna (Silva e Zaidan, 2011). Geralmente, no período seco a ET da floresta é maior em relação às áreas de pastagens pelo fato da floresta possuir maior profundidade efetiva do sistema radicular (Z). No caso das pastagens, as raízes exploram no máximo 1,00 m de camada de solo. Já a floresta pode ter sistema radicular atingindo vários metros de profundidade no solo e com isso ser capaz de retirar mais água do solo para suprir a demanda de água para a atmosfera por meio dos processos da ET.

De forma geral, o produto MOD16 possibilitou consistentes estimativas de evapotranspiração na bacia do rio Paraibuna. Contudo, a classe "No data" ocorreu em todos os meses analisados, principalmente nos meses de abril de 2017 e fevereiro de 2018. Além disso, a ET média da bacia, no período analisado, foi de 3,05 mm d^{-1}. Esse valor pode ter sido influenciado pela predominância das áreas de pastagens e remanescentes florestais na bacia.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. G.; HOTT, M. C.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P. Estimativa da evapotranspiração em áreas de pastagens usando algoritmo SEBAL e imagens Landsat 5 – TM. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 1, n. 2, p. 362-372, 2018.

*ANDRADE, R. G.; HOTT, M. C.; MAGALHAES JUNIOR, W. C. P., RIBEIRO, C. B. M. Análise espaço-temporal da evapotranspiração na bacia do rio Paraibuna usando o produto MOD16. In: Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 3, n. 4, 3406-3416, 2020.

ANDRADE, R. G.; TEIXEIRA, A. H. C.; LEIVAS, J. F.; NOGUEIRA, S. F. Analysis of evapotranspiration and biomass in pastures with degradation indicatives in the Upper Tocantins River Basin, in Brazilian Savanna. **Revista Ceres**, v. 63, n. 6, p. 754-760, 2016.

BUTTAR, N. A.; YONGGUANG, H.; SHABBIR, A.; LAKHIAR, I. A.; ULLAH, I.; ALI, A.; ALEEM, M.; YASIN, M. A. Estimation of evapotranspiration using Bowen ratio method. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 17, p. 807-810, 2018.

CLEUGH, H. A.; LEUNING, R.; MU, Q.; RUNNING, S. W. Regional evaporation estimates from flux tower and MODIS satellite data. **Remote Sensing of Environment**, v. 106, p. 285-304, 2007.

MARIANO, D. C.; FARIA, R. T.; FREITAS, P. S. L.; LENA, B. P.; JOHANN, A. L. Construction and calibration of a bar weighing lysimeter. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 37, n. 3, p. 271-278, 2015.

MOORHEAD, J. E.; MAREK, G. W.; GOWDA, P. H.; LIN, X.; COLAIZZI, P. D.; EVETT, S. R.; KUTIKOFF, S. Evaluation of Evapotranspiration from Eddy Covariance Using Large Weighing Lysimeters. **Agronomy**, v. 9, n. 2, p. 1-17, 2019.

MU, Q. Z.; HEINSCH, F. A.; ZHAO, M. S.; RUNNING, S. W. Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data. **Remote Sensing of Environment**, v. 111, n. 4, p. 519-536, 2007a.

MU, Q.; ZHAO, M.; HEINSCH, F. A.; LIU, M.; TIAN, H.; RUNNING, S. W. Evaluating water stress controls on primary production in biogeochemical and remote sensing based models. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 112, G01012, 2007b.

MU, Q. Z.; ZHAO, M. S.; RUNNING, S.W. Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 8, p. 1781-1800, 2011.

NEMANI, R. R.; KEELING, C.; HASHIMOTO, H.; JOLLY, W. M.; PIPER, S.; TUCKER, C. MYNENI, R.; RUNNING, S. W. Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. **Science**, v. 300, p. 1560-1563, 2003.

SILVA, A. C.; ZAIDAN, R. T. Zoneamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Paraibuna por imagens do satélite Landsat 5. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 7263-7270.

CAPÍTULO 16

AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS USANDO IMAGENS DE SATÉLITES*

Data de aceite: 15/12/2021

Marcos Cicarini Hott

Ricardo Guimarães Andrade

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

No Brasil, as pastagens se distribuem por grande parte da área destinada às atividades agrárias, e, praticamente, 70% da alimentação animal na bovinocultura de leite vem de pastagens extensivas. Com objetivo de retratar a condição das pastagens em relação a aspectos inerentes ao crescimento ou perda de potencial produtivo no decorrer das duas últimas décadas, utilizou-se o espaço amostral da mesorregião mineira da Zona da Mata, em virtude de sua condição geográfica, climática e topográfica, além de sua tradição na atividade. Em razão das dimensões territoriais relativas às áreas em cultivo, o uso de técnicas envolvendo sensoriamento remoto orbital com séries de imagens de satélites se apresenta como ferramenta de suma importância para contornar os custos de levantamentos de campo. Dessa forma, modificações na cobertura ou condições das pastagens, originárias de diversos fatores, podem ser avaliadas quali-quantitativamente por indicadores de resposta ao espectro eletromagnético produzido pela superfície terrestre, índices de vegetação ou composições de imagens de satélites. Inúmeros cientistas da área de sensoriamento remoto têm estudado a relação entre dados de campo sobre a vegetação e sua relação com a reflectância obtida a partir de vários sensores de satélites (LIU, 2006; PONZONI; SHIMABUKURO, 2010). A partir disto, índices destinados à expressão da atividade fotossintética podem ser estimados, tal como o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), o qual denota o vigor de uma vegetação, principalmente de características herbácea e herbáceo-arbustiva, como é o caso de pastagens, promovendo o planejamento de ações e antevendo fenômenos como a degradação. A partir de metodologia com o uso de imagens de satélites, adequadamente equalizada e testada, tornam-se possíveis a elaboração de cenários para as pastagens monitoradas. Dessa forma, apesar do presente estudo ter como foco a mesorregião da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, a metodologia poderá ser aplicada em outras regiões geográficas do país, sem prejuízo em qualidade de resultados. Os produtos do sensor MODIS (*Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer*) (Figura 1), o qual está a bordo do satélite Terra, cobrem uma extensa coleção de imagens, desde fevereiro de 2000. Os índices a serem utilizados nesta análise é o NDVI, cujo produto é disponibilizado pelo MOD13Q1, em uma série periódica que sintetiza o índice de vegetação no intervalo de 16 dias. Este produto possibilita o monitoramento com base na

anomalia do crescimento no período da estação do ano que representa o incremento em biomassa, vista por correlação com o índice de vegetação, entre setembro e dezembro do ano de estudo, frente os resultados deste mesmo período em anos anteriores. O método do índice de crescimento (IC) já empregado por Xu et al. (2013) e Hott et al. (2016), é sintetizado nesse trabalho, o qual é objeto de aplicação em metodologia espaço-temporal, podendo envolver várias métricas em sensoriamento remoto e fenologia de pastagens. Nessa abordagem foi utilizada a seguinte equação para o IC:

$$IC = \frac{NDVI_m - NDVI_n}{NDVI_m + NDVI_n} \quad (1)$$

Em que, IC é o índice de crescimento das pastagens, $NDVI_m$ é o índice no período de interesse e $NDVI_n$ é a média no período equivalente ao atual, mas em anos anteriores. Entre a primeira quinzena de setembro e a última de dezembro tem-se as métricas do início da estação (em inglês *start-of-season*- SOS) e do máximo da estação (em inglês, *peak-of-season*- POS), a partir das quais pode-se inferir sobre a capacidade de recuperação da vegetação.

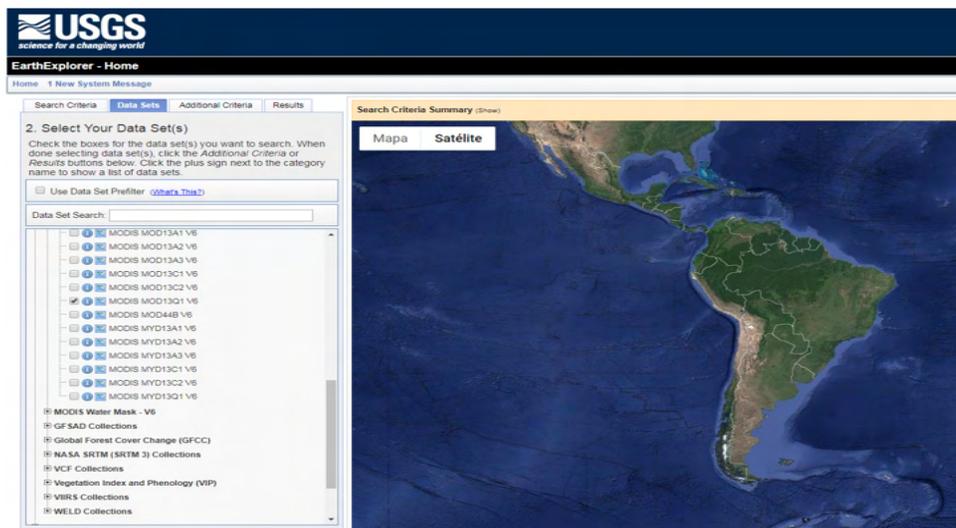



Figura 1 – Interface de pesquisa das imagens MODIS. Fonte: USGS (2019).

A partir da série de imagens MODIS, as estimativas foram realizadas célula a célula no decorrer do tempo (Figura 2), resultando no IC respectivo, o qual representa a anomalia, classificada de acordo com os valores distribuídos entre crescimento muito baixo, baixo,

estável, alto e muito alto.

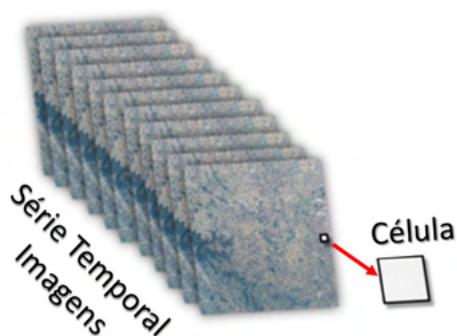



Figura 2 – Esquema que ilustra a forma de análise e estimativa para cada célula correspondente à série de mais de 300 imagens MODIS.

Após as observações em campo com vários pontos coletados por meio de GPS juntamente com anotações acerca das condições vegetativas, solos e classes de degradação, adotou-se procedimento de correlacionar esses resultados com a distribuição dos valores de IC obtidos, também para áreas amostrais. Com base na metodologia adotada, 14% das áreas de pastagens foram classificadas como áreas de muito baixo crescimento e 46% como áreas de baixo crescimento vegetativo. Dessa forma, a partir, da classificação espaço-temporal para a região de estudo, aproximadamente, 60% apresentaram aspectos de degradação, considerando as classes de baixo e de muito baixo crescimento pelo IC (Tabela 1). Destaca-se que, de acordo com alguns estudos no Brasil, estima-se que entre 50% e 70% das pastagens estejam degradadas ou em processo de degradação (CHAGAS et al., 2009; DIAS-FILHO et al., 2014). O IC se torna um indicador de aspectos de degradação da vegetação, haja vista que outras medidas são necessárias para denotarem a perda de produtividade vegetal, retração ou ganho em vigor por meio de imagens de satélite e procedimentos em sensoriamento remoto. Também, para a região estudada, 36% da área apresentaram crescimento estável, 3,5% na classe de alto crescimento e 0,5% com IC muito alto. Os resultados obtidos nessa região podem ser extrapolados, como metodologia, para outras regiões de Minas Gerais ou do País, pois o clima, solos e topografia dessa mesorregião são representativos para adoção de procedimentos em sensoriamento remoto a outros ambientes e sistemas produtivos, notadamente, a pecuária de leite.

Área de Pastagens		
Índice de Crescimento	**Área (ha)**	**Área (%)**
Muito baixo	177.322	14.61
Baixo	557.698	45.96
Estável	433.475	35.72
Alto	39.980	3.29
Muito Alto	5.032	0.42
Total	1.213.507	100

Tabela 1 - IC para a região de estudo.

Fonte: Hott et al. (2016).

REFERÊNCIAS

CHAGAS, C.S.; VIEIRA, C.A. O.; FILHO FERNANDES, E.I.; JÚNIOR, W.C. Utilização de redes neurais artificiais na classificação de níveis de degradação em pastagens. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, p. 319-327, 2009.

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Documentos, 402).

*HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P. Avaliação de degradação e fitossanidade de pastagens usando séries temporais de imagens de satélite. In: SILVA, H. C. da (Org.). Engenharia Sanitária e Ambiental. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. p. 173-182.

HOTT, M. C.; CARVALHO, L. M. T.; ANTUNES, M. A. H.; SANTOS, P. A.; ARANTES, T. B.; RESENDE, J. C.; ROCHA, W. S. D. Vegetative growth of grasslands based on hyper-temporal NDVI data from the Modis sensor. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 7, p. 858-868, 2016.

LIU, W. T. H. Aplicações de sensoriamento remoto. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908 p.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos: Parêntese, 2010. 127 p.

USGS -Land Processes Distributed Active Archive Center.MODIS data pool holdings. 2019. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

XU, B. et al. MODIS-based remote-sensing monitoring of the spatiotemporal patterns of China’s grassland vegetation growth. International Journal of Remote Sensing, Basingstoke, v. 34, n. 11, p. 3867-3878, 2013.

CAPÍTULO 17

PRODUÇÃO DE LEITE NO CERRADO: CONJUNTURA E ANÁLISES*

Data de aceite: 15/12/2021

Duarte Vilela

Ricardo Guimarães Andrade

José Luiz Bellini Leite

Marcos Cicarini Hott

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne bovina, o terceiro em grãos e o terceiro maior na produção de leite de vaca. Possui 154 milhões de hectares de pastagens (MAPBIOMAS, 2020) com cerca de 218 milhões de bovinos e 68 milhões de hectares com lavoura em produção de cereais, oleaginosas e leguminosas (IBGE, 2020). O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e do Brasil, ocupando 203,4 milhões de hectares, o que corresponde a aproximadamente 24% do território nacional, abrangendo 11 Estados e o Distrito Federal, indo da Região Norte aos engastes do Nordeste, passando pelo Centro-Sul, incluindo São Paulo e o norte do Paraná. Possui 89,4 milhões de hectares em área ocupada com agricultura e pecuária, dos quais 58,9 milhões são ocupadas com pastagens (Parente et al., 2017) e 30,5 milhões com agricultura (Ferreira et al., 2016). Além disso, é o bioma com a maior produção do País, respondendo por 55% da carne e 56% da produção de grãos. O leite ocupa a segunda posição, com 32,4 % da produção nacional.

Não se pode omitir que o processo recente de ocupação produtiva do Cerrado baseou-se ou foi liderado pelo complexo "grão – carne". Quando se analisa a produção de grãos, a soja e o milho se destacam, mas tomando a produção dos principais grãos – milho, soja, feijão, arroz e trigo – na região de Cerrado, esta aumentou de oito milhões de toneladas, em 1975, para 112,7 milhões de toneladas em 2015, saindo de 21% para 56% do total nacional no período. O leite não ficou atrás. Nas últimas cinco décadas, a produção de leite no Brasil tem crescido sistematicamente, mesmo nos ambientes de intervenções do governo via planos econômicos, preços controlados, importações e desregulamentação da economia. Os primeiros dados da produção de leite foram registrados pela FAO em 1961, quando o País produziu 5,2 bilhões de litros (FAO, 2016) e somente a partir de 1974 que se iniciou a série histórica publicada pelo IBGE. Quando se considera o período de 1961 a 2015, o crescimento da produção foi linear, sete vezes maior, com acréscimo de 30 bilhões de litros em 54 anos (Vilela et al. 2017). Se considerar o período de 1974 a 2019, a produção foi de cerca de 7 bilhões de litros para 35 bilhões de litros de leite, dos quais o

Cerrado contribui com aproximadamente 32,4%, equivalente a produção anual de 11,3 bilhões de litros de leite. Vale destacar que a expansão da produção agropecuária na região do Cerrado alterou suas características originais (Figura 1), resultado de uma série de fatores que se sucederam simultaneamente, com destaque para processos migratórios e de colonização, aumento do preço da terra nos estados do Sul do Brasil, programas de Governo, adaptação tecnológica de produção e avanço da infraestrutura, aumento da demanda interna de alimentos e, principalmente, das commodities.

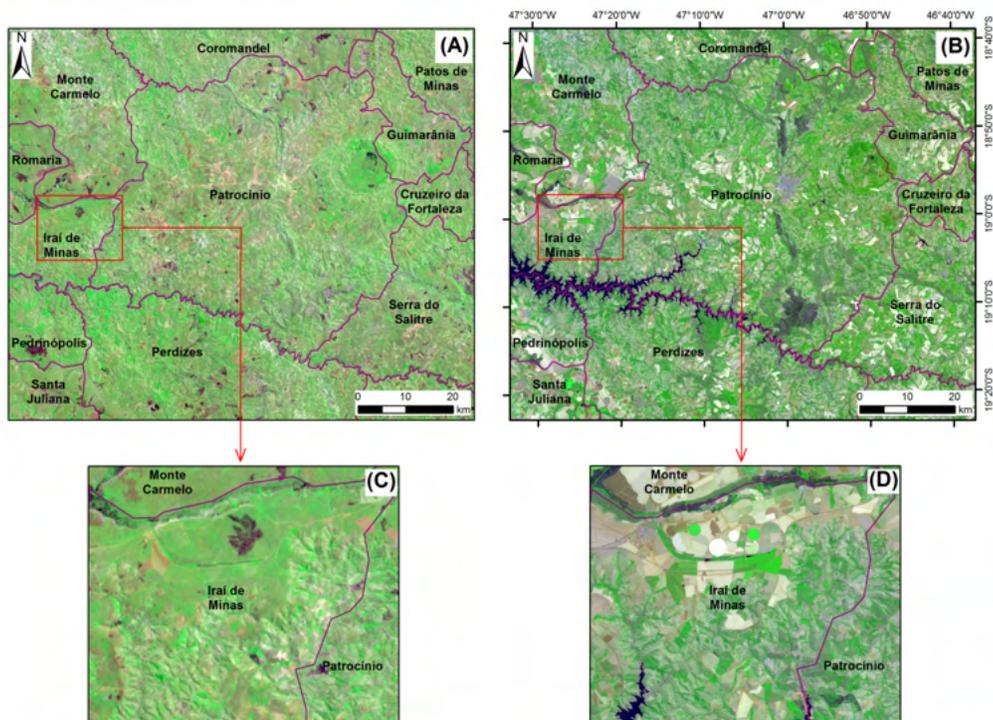



Figura 1 – (A) Imagem Landsat 1 – sensor MSS (composição RGB: 5,6,4) de 10 de setembro de 1972; (B) Imagem Landsat 8 – sensor OLI (composição RGB: 4,5,2) de 19 de setembro de 2017; (C) Destaque de uso e ocupação do solo em parte dos municípios mineiros de Monte Carmelo, Iraí de Minas e Patrocínio em 10 de setembro de 1972 e; (D) na data de 19 de setembro de 2017. Fonte: Vilela et al. (2018).

Os sistemas de produção de leite a pasto há décadas são considerados os mais tradicionais em uso no país. No entanto, entre os muitos fatores que podem influenciar na produção de leite nestes sistemas está o estágio de degradação do solo. Historicamente foram as braquiárias que iniciaram o processo de intensificação da produção animal a pasto no bioma Cerrado na década de 1970 e desta forma, considera-se como sendo uma das razões de serem elas as primeiras a sofrerem o processo de degradação e com

impacto negativo na produção de leite nacional. Estima-se que no bioma Cerrado, mais da metade das pastagens cultivadas estejam degradadas (Victoria et al., 2020). A condição de degradação em pastagens de braquiária e de outras espécies de gramíneas é geralmente resultado do manejo inadequado, com o uso de altas taxas de lotação e da baixa reposição de nutrientes no solo, principalmente nitrogênio. Ao analisar o gráfico do somatório da produção anual de leite e a espacialização da produção por município nos limites territoriais do bioma Cerrado, para os anos de 2000 a 2019 (Figuras 2 e 3), as evidências tornam-se claras que a partir de 2013 a produção de leite decresceu, independentemente de fatores macroeconômicos do país. Porém, nota-se que o decréscimo foi menor do que a observado no país e, entre 2016 e 2019, a curva se estabilizou ao redor de 11 bilhões de litros ao ano.

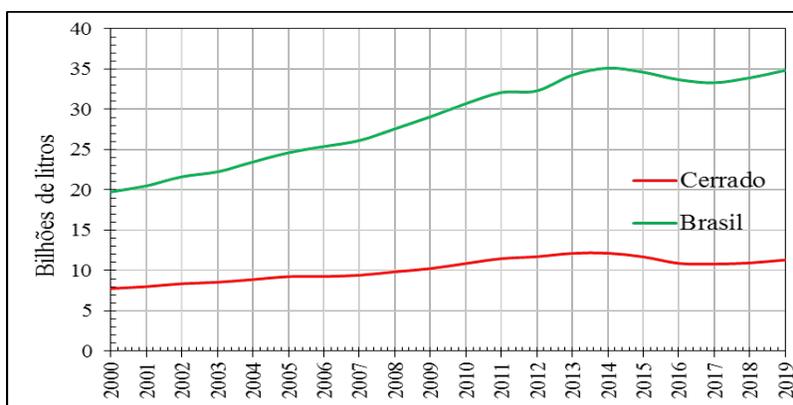



Figura 2 – Produção anual de leite nos limites territoriais do bioma Cerrado (linha vermelha) e no território nacional (linha verde), no período de 2000 a 2019.

A produção nacional de leite cresceu de forma linear desde o início da série histórica em 1961. Apesar de ter diminuído o ritmo de crescimento a partir de 2015 e decrescido em 2016 (Vilela et al. 2017), não explica o decréscimo da produção no Cerrado a partir de 2013. A produção nacional nos anos de 2019 e 2020 ficou ao redor de 35 bilhões de litros (IBGE, 2021), ou seja, recuperou os níveis de produção obtidos no ano de 2014. Como a produtividade média atual do Cerrado é de apenas 1.328 kg/vaca/ano e a taxa de lotação pouco inferior a 1,2 vaca/ha, pode-se projetar o aumento da produção de leite de forma bem realista, exemplificando com a incorporação de apenas duas tecnologias consagradas, além da necessária correção do solo (pastejo rotacionado e fertilização com N, P e K). Com isso estima-se que a produção poderá alcançar, em média, 4.500 kg/vaca/ano e a taxa de lotação 2,5 vacas/hectare, suficiente para incrementar a produtividade por área para 11.250 kg/ha/ano.

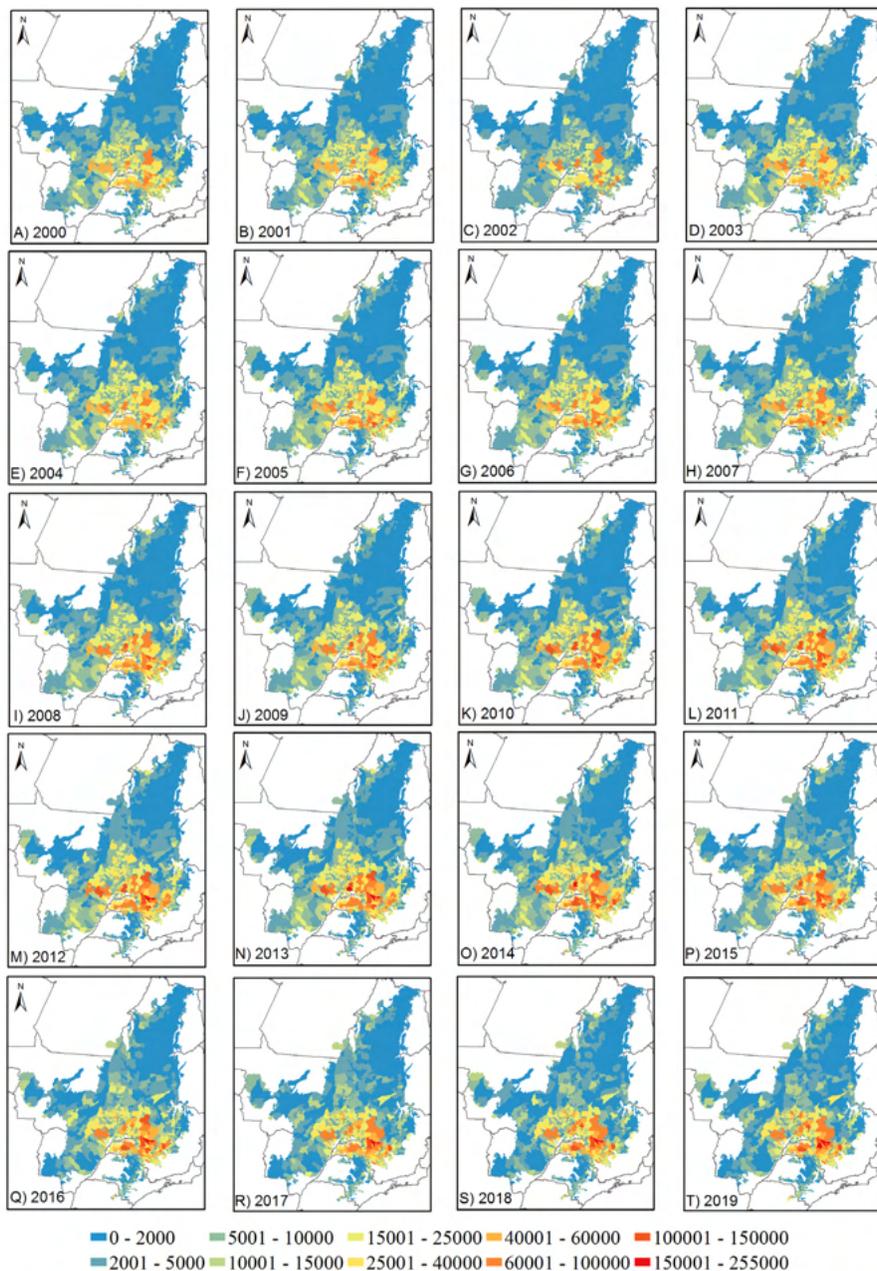



Figura 3 – Espacialização da produção de leite por município nos limites territoriais do bioma Cerrado para os anos de 2000 a 2019 (A a T).

Se considerar o acréscimo decorrente da recuperação de um milhão de hectares, teria um adicional anual de 9,6 milhões de toneladas de leite, exatamente o dobro da produção atual. Vários fatores corroboraram para transformar a região do bioma Cerrado

em potência agrícola, sendo destaque tanto na parte de produção de grãos (soja, milho) quanto na produção de carne e leite. No início da década de 1970, pesou a expansão das fronteiras, no entanto, a expansão do crescimento da produção foi possível, principalmente, pela adoção de tecnologias que resultou no aumento da produção e da produtividade. Atualmente, estima-se que metade das áreas destinadas à pecuária extensiva encontra-se com baixa produtividade, gerando prejuízos econômicos e ambientais. As tecnologias hoje disponíveis podem ser prontamente adotadas nestas áreas. Para tanto, é de fundamental importância a elaboração e a implementação de novas políticas públicas de incentivo a recuperação produtiva destas áreas, com assistência técnica continuada familiarizada com as tecnologias mais apropriadas para cada situação. O uso das geotecnologias para identificar e monitorar áreas com baixa produtividade e assim, apoiar a recuperação e o manejo sustentável de pastagens no Cerrado, é de fundamental importância para o êxito da recuperação destas áreas.

REFERÊNCIAS

FAO. **Faostat: statistics division, trade, download data, crops and livestock products**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QL/E>. Acesso em: 13 out. 2021.

FERREIRA, M. E.; ANJOS, A. F.; BUSTAMANTE, MERCEDES M. C.; FERNANDES, G. W.; MACHADO, R. B.; FERREIRA, L. G. Cerrado: fim da história ou uma nova história?. **Ciência Hoje**, v. 56, p. 24-29, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM 2020**. Rio de Janeiro: Sidra, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2020>. Acesso em: 19 out. 2021.

MAPBIOMAS. **Brasil revelado 1985-2020**. Coleção 6 (1985-2020). Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 19 out. 2021.

PARENTE, L.; FERREIRA, L.; FARIA, A.; NOGUEIRA, S.; ARAÚJO, F.; TEIXEIRA, L.; HAGEN, S. Monitoring the brazilian pasturelands: A new mapping approach based on the landsat 8 spectral and temporal domains. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 62, p. 135-143, 2017.

VICTORIA, D. C.; BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; ASSAD, E. D.; ANDRADE, R.G.; GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Potencialidades para expansão e diversificação agrícola sustentável do Cerrado**. In: BOLFE, É. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (Org.). Dinâmica agrícola no Cerrado: Análises e projeções. 1ed. Brasília, DF: Embrapa, 2020, v. 1, p. 229-258.

*VILELA, D.; ANDRADE, R. G.; LEITE, J. L. B. O leite no Cerrado: O que esperar em ganhos de produção e produtividade. **Revista de Política Agrícola**, v. 2, p. 66-78, 2018.

VILELA, D.; RESENDE, J.C. de; LEITE, J.B.; ALVES, E. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, ano 26, p.5-24, 2017.

SEÇÃO III

AVANÇOS GEOTECNOLÓGICOS

CAPÍTULO 18

A REVOLUÇÃO MUNDIAL PELA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL: MITO OU REALIDADE PARA O PRODUTOR RURAL?

Data de aceite: 15/12/2021

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Ricardo Guimarães Andrade

Marcos Cicarini Hott

Neste cenário mundial que vivemos, caracterizado por constantes mudanças tecnológicas, é inegável o poder de comunicação e de difusão de conhecimento, proporcionado pela internet, pelos meios de comunicação atuais como WhatsApp, sites, redes sociais, e-mails e pelos equipamentos a ela conectados, tais como, celulares modernos (smartphones), tablets, computadores e televisores. Esta realidade multitecnológica tem impactado fortemente o cotidiano de nossa vida social, como também, o desempenho dos produtores rurais, das associações e das empresas de modo geral. Hoje em dia, grande parte da informação ou do negócio que necessitamos está próximo às nossas mãos, em uma velocidade outrora jamais imaginada. O mundo muda constantemente, apresentando novos desafios, exigindo de nós atenção, esforço e um comportamento resiliente perante as mudanças de caráter estrutural que hoje acontecem por toda parte. Precisamos acompanhar e conhecer as novas tecnologias, e os novos métodos oferecidos por esta nova mentalidade digital, a qual está determinando novos hábitos no mundo inteiro e, em muitos casos, a sobrevivência ou não no mercado produtivo. Para reforçar este entendimento, sabemos que o volume de vendas, de serviços e de negócios realizados por meio de sites e de aplicativos móveis nos smartphones, em pouco tempo, alcançou patamares de acesso gigantescos a nível mundial, não somente em razão da pandemia. De acordo com um estudo realizado pela *Think Thank Pew Research Center* (https://pewresearch.org), o mercado de apps nos smartphones traduz uma grande aposta para aumentar a lucratividade nos negócios, com expectativa de movimentar U$ 6,3 trilhões até o final de 2021, destacando que o Brasil ocupa o segundo lugar em crescimento nesse mercado mundial. De acordo com a Fundação Getúlio Vargas de São Paulo, em 2019, o Brasil contabilizou 230 milhões de smartphones conectados, ou seja, mais de um smartphone ativo por habitante. Como esperado, particularmente em razão da pandemia, o percentual de uso da internet no país também tem aumentado sistematicamente ao longo dos anos. Segundo o IBGE, para os 211 milhões de brasileiros contados em 2019, 7.596.000 pessoas a mais, passaram a acessar a internet, em relação ao ano de 2018 (Figura 1). Este número deverá alcançar patamares ainda mais expressivos, a partir da divulgação dos resultados de 2020, aguardada para 2021.

Figura 1 – Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2019. Fonte: IBGE.

No campo, a influência da transformação digital pode ser comprovada na 8ª edição da pesquisa "Levantamento sobre hábitos do produtor rural", realizada entre Out/2020 e Jan/2021 pela ABMRA (www.abmra.org.br), nos 16 principais Estados brasileiros para o agronegócio (Figura 2). Em relação à edição anterior de 2017, a pesquisa constatou um grande avanço no uso da internet no campo e das ferramentas de conectividade e comunicação, revelando, por exemplo, que hoje a internet está disponível para 91% dos produtores de animais e para 88% dos agricultores, que 74% dos produtores rurais usam a internet para atualizar seus conhecimentos, que 94% possuem smartphones contra 61% em 2017 e que 76% usam a plataforma WhatsApp para efetuar negócios. O Facebook com 30% continua sendo uma rede social importante, porém não para fazer negócios, e o YouTube quase triplicou o número de acessos em relação à pesquisa anterior. O avanço exponencial da internet em 2021 contrasta com a queda de utilização dos meios eletrônicos e digitais, preferidos em 2017: Rádio, TV especializada e TV aberta.

INDÚSTRIA 4.0 E AGRICULTURA 4.0

Entretanto, tal mentalidade digital vai muito além do mundo da internet e dos smartphones nas cidades e no campo, sendo responsável pelo advento da Indústria 4.0 e da Agricultura 4.0. O conceito de Indústria 4.0, também conhecida como a 4ª revolução industrial, envolve uma transformação digital que possibilita a digitalização das atividades industriais em um crescente processo de automação industrial, que visa o aumento da produtividade e do lucro empresarial. No âmbito da Agricultura 4.0, também conhecida como agricultura digital, as geotecnologias, os softwares e os equipamentos autônomos e semi-autônomos, representados por tratores, colheitadeiras, plantadeiras, pulverizadores, drones ou VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) de última geração, trabalham em sincronismo para refletir a nova realidade agrícola. Integram esse contexto, as estimativas precisas acerca da condição de vigor dos plantios, da produtividade por massa de forragem,

da altura e do volume das plantas, das falhas de plantio e da contagem de plantas.

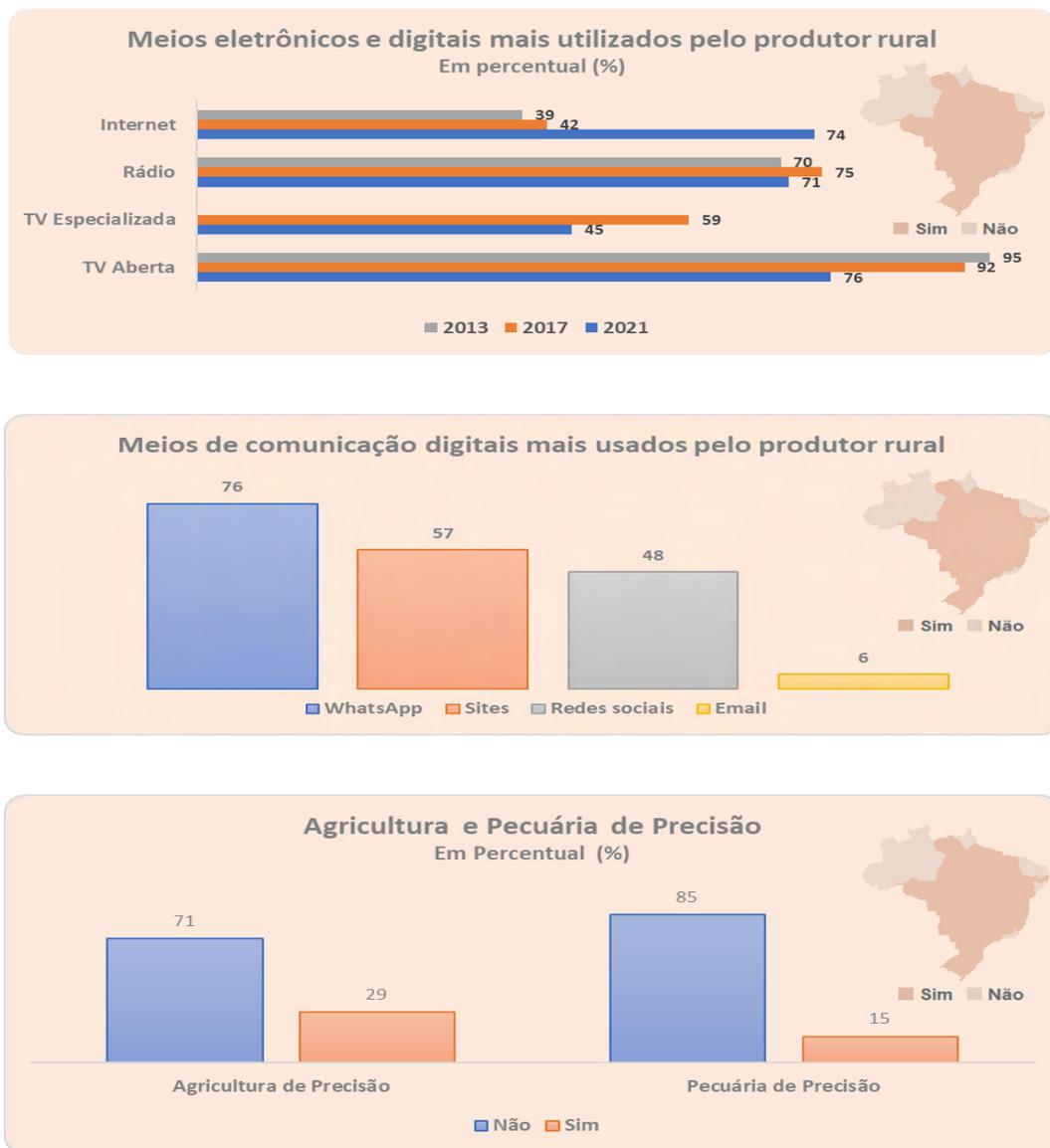



Figura 2 – Resultados da 8ª edição da pesquisa de levantamento sobre hábitos do produtor rural, em Outubro de 2020 e Janeiro de 2021. Fonte: ABMRA

Já no contexto da agricultura de precisão participam a identificação e a extensão precisa das áreas afetadas por invasoras, pragas e doenças, que permitem a aplicação racionalizada de água, insumos e agroquímicos em geral. Entre os benefícios proporcionados pela agricultura digital, encontram-se a alta precisão das estimativas, a

agilidade na obtenção dos resultados, a redução dos desperdícios, dos custos e da mão-de-obra operacional, com menor impacto ambiental. Na Figura 3, exemplos de equipamentos de localização e levantamento em tempo real de linhas de plantio, colheita e aplicação de insumos, como resultado dos avanços recentes em geotecnologias.

(A)

(B)

Figura 3 – Drone Verok da Horus Aeronaves (A); Trator autônomo (B) (Foto: CaseIH/Divulgação)

Aspectos econômicos proporcionados pela Agricultura 4.0 ao mercado produtivo

Embora seja um dos maiores exportadores agrícolas do mundo, segundo o Ministério da Saúde, o Brasil está entre os maiores importadores e consumidores de defensivos agrícolas (também conhecidos como pesticidas, herbicidas, fungicidas ou agrotóxicos) e importa 85% dos fertilizantes, tornando a margem de lucro do produtor rural altamente dependente da variação do preço do dólar. Em um estudo, realizado pela EMBRAPA (www.embrapa.br), a aplicação desregulada de defensivos e insumos agrícolas esteve relacionada entre as maiores causas de prejuízo no campo. Concomitantemente, empresas especializadas em commodities agrícolas, relatam economias significativas com as técnicas da agricultura de precisão, a partir de aplicações direcionadas de defensivos, por exemplo, 50,38% na soja (Horus Aeronaves, https://horus.global) e 82% na cana de açúcar (ARPAC, https://arpacbrasil.com.br). Em conformidade com o seu nível tecnológico, pequenos, médios e grandes produtores, em média, podem alcançar até 29% na produtividade com redução de até 23% nos insumos (Famasul, https://portal.sistemafamasul.com.br/). Em outro estudo realizado pela EMBRAPA (Agropensa – Diálogos Estratégicos e Inovação Local), em 2006, analisando a lucratividade em 4,4 milhões de estabelecimentos agrícolas, constatou-se que 56% acumulavam prejuízos, apresentando uma renda líquida negativa e comprometimento do patrimônio. O estudo apontou como causas preponderantes, os erros na administração da propriedade, mas, principalmente, aqueles relacionados à tecnologia adotada em campo. Contudo, com o advento da agricultura de precisão, os recursos tecnológicos embarcados nos VANTs permitem implementar a técnica de manejo com

aplicações precisas, a taxas variadas, podendo direcionar de forma mais eficaz os recursos e os esforços no campo. A Figura 4A revela o mapa de vigor para as áreas saudáveis (verde), estressadas (amarelo) e fortemente estressadas (vermelho), identificadas a partir das imagens do VANT. Essa classificação indica quais locais deverão receber uma quantidade maior ou menor de determinado produto. A Figura 4B mostra o mapa de prescrição da aplicação do produto que pode ser diretamente executado por tratores e maquinários automatizados, por smartphones ou serem trabalhados de forma manual pelo produtor.

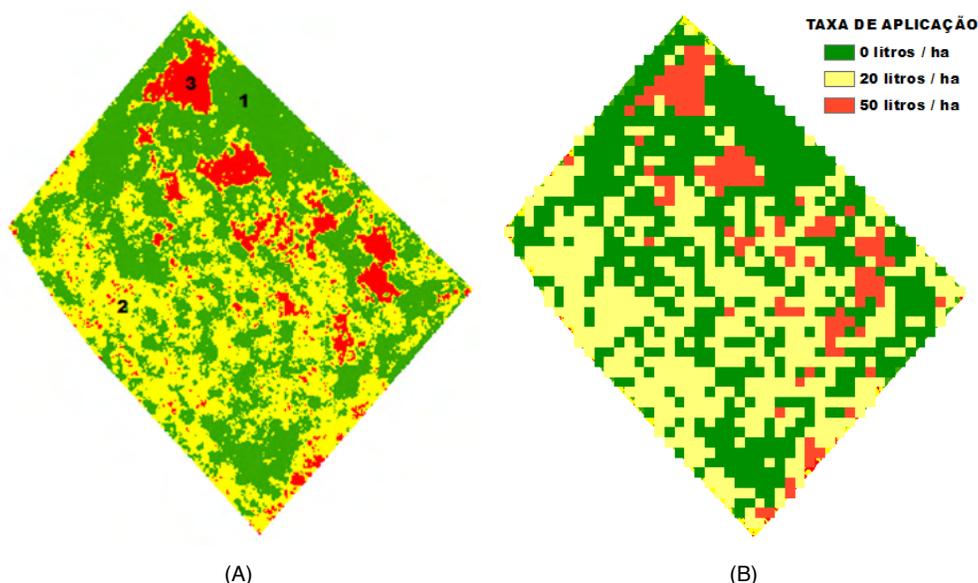



Figura 4 – Mapas elaborados pelas imagens do VANT - (A) Mapa de vigor, em alta resolução, destacando as áreas saudáveis (verde), estressadas (amarelo) e fortemente estressadas (vermelho) de um plantio; (B) Mapa de prescrição a taxas variadas.

Por meio das geotecnologias embarcadas no VANT, é possível monitorar estrategicamente os diversos tipos de plantio e identificar, pontualmente, os locais afetados, por exemplo, por carência de insumos, carência ou excesso de água, pragas, doenças, plantas invasoras, entre outros. Pode-se prover informação para mensurar, com bastante precisão, os custos dispensados com os agroquímicos e com a mão de obra, evitando desperdícios de produtos e despesas desnecessárias, costumeiramente geradas por aplicações a taxas médias e de maneira uniforme em toda a área do plantio. O uso da agricultura de precisão pode gerar ganhos de eficiência produtiva com impactos positivos na rentabilidade, tornando uma propriedade agrícola de baixo desempenho em economicamente viável, pela acurácia no manejo das plantas, possibilitando margens

líquidas positivas que viabilizem, para o produtor, caminhos para permanecer e prosperar no negócio.

IMPACTOS DA AGRICULTURA 4.0 NA PESQUISA AGROPECUÁRIA

Paralelamente aos benefícios proporcionados pela Agricultura 4.0 ao mercado produtivo, tais tecnologias também podem inovar os meios de pesquisa, oferecendo novos métodos, novos cálculos e estimativas com acurácia superior, que aprimoram os resultados alcançados pelos métodos tradicionais de campo. Em um experimento liderado pela Embrapa Gado de Leite, tendo como objetivo de pesquisa a avaliação e a seleção de genótipos de capins do gênero *Cynodon* para as diferentes condições edafoclimáticas brasileiras, foi realizado um estudo comparativo das correlações entre as características de vigor, altura, área ocupada e peso verde das plantas, mensurados em campo, com à utilização de plataforma VANT. O experimento foi realizado por seleção clonal com blocos aumentados, 8 blocos e 2 testemunhas de Tifton 85 e Estrela roxa. Os aerolevantamentos realizados ao longo do experimento, que permitiram avaliar a condição dos clones por meio do VANT, ocorreram em momento anterior aos cortes pré-determinados para avaliá-los pelos métodos tradicionais de campo. Tais aerolevantamentos foram padronizados em altura do voo, tamanho do pixel das imagens, horário, ângulo do sol, força do vento e variáveis técnicas, como percentual de sobreposição de imagens, ISO, etc. A partir do ortomosaico (Figura 5A), gerado pelo processamento aerofotogramétrico das imagens captadas pelo VANT, foi possível obter aferições a cada 2 cm² da área experimental das parcelas. Este procedimento gerou cálculos estatísticos e matemáticos muito mais precisos e confiáveis, comparativamente às medições em poucos pontos aleatórios (normalmente realizadas pelos métodos tradicionais de campo). Também gerados com esta precisão, os índices de vegetação ofereceram acurácia superior, para as avaliações de vigor das plantas. Tais índices, gerados a partir das câmeras de alta precisão embarcadas no VANT, são superiores ao método tradicional de inspeção visual, comumente utilizado pelo método tradicional para avaliações de vigor. Por exemplo, foi possível detectar locais de estresse das plantas em vários níveis (doenças, pragas, irrigação falha, carência de nutrientes e etc.), não observáveis visualmente. Além das estimativas de vigor, os índices de vegetação também foram utilizados para delinear, de forma precisa, os perímetros complexos formados pelas plantas, dificilmente obtidos com precisão por métodos tradicionais, facilitando estimar o volume (área e altura) dos clones nas parcelas. Para tanto foram utilizados softwares de geoprocessamento (Figura 6). A quarta característica avaliada foi a biomassa. Nos métodos tradicionais de campo, o peso verde ou biomassa verde das plantas é estimado por procedimentos destrutivos, necessitando de diversas amostras, que dispende mão-de-obra para o corte, custo dos serviços e transporte. Entretanto, tal peso pode ser estimado a partir das imagens do VANT, por procedimentos não destrutivos, baseados em correlações

estatísticas e modelos matemáticos refinados ao longo dos aerolevantamentos.

Experimento Seleção Clonal - Blocos Aumentados (8 blocos - 2 testemunhas/bloco)
Data plantio: 18/10/2018
Adubação: 50 g

				67	106	107	146	147	186	187	226	227	266	267	306	307						
		30	66	68	105	108	145	148	185	188	225	228	265	268	305	308	343					
	29	31	65	69	104	109	144	149	184	189	224	229	264	269	304	309	342	344				
	28	32	64	70	103	110	143	150	183	190	223	230	263	270	303	310	341	345				
	27	33	63	71	102	111	142	151	182	191	222	231	262	271	302	311	340	346	371			
	26	34	62	72	101	112	141	152	181	192	221	232	261	272	301	312	339	347	370	372		
	25	35	61	73	100	113	140	153	180	193	220	233	260	273	300	313	338	348	369	373	391	
1	24	36	60	74	99	114	139	154	179	194	219	234	259	274	299	314	337	349	368	374	390	392
2	23	37	59	75	98	115	138	155	178	195	218	235	258	275	298	315	336	350	367	375	389	393
3	22	38	58	76	97	116	137	156	177	196	217	236	257	276	297	316	335	351	366	376	388	394
4	21	39	57	77	96	117	136	157	176	197	216	237	256	277	296	317	334	352	365	377	387	395
5	20	40	56	78	95	118	135	158	175	198	215	238	255	278	295	318	333	353	364	378	386	396
6	19	41	55	79	94	119	134	159	174	199	214	239	254	279	294	319	332	354	363	379	385	397
7	18	42	54	80	93	120	133	160	173	200	213	240	253	280	293	320	331	355	362	380	384	398
8	17	43	53	81	92	121	132	161	172	201	212	241	252	281	292	321	330	356	361	381	383	399
9	16	44	52	82	91	122	131	162	171	202	211	242	251	282	291	322	329	357	360	382		
10	15	45	51	83	90	123	130	163	170	203	210	243	250	283	290	323	328	358	359			
11	14	46	50	84	89	124	129	164	169	204	209	244	249	284	289	324	327					
12	13	47	49	85	88	125	128	165	168	205	208	245	248	285	288	325						
			48	86	87	126	127	166	167	206	207	246	247	286	287	326						

Testemunhas
Tifton 85: 23, 68, 135, 195, 213, 270, 309 e 385
Estrela Roxa: 39, 61, 101, 170, 246, 257, 311 e 357

(A) (B)

Figura 5 – Área experimental dos clones nas parcelas de Cynodon sp. em posicionamento real (A); Croqui das parcelas destacando a localização das testemunhas Tífton 85 e Estrela Roxa (B).

A Figura 7 indica a diferente seleção de genótipos promovida pelos métodos do VANT e tradicionais. Demonstra a acurácia superior das geotecnologias embarcadas no VANT para estimar as características de vigor, altura, área ocupada e peso verde das plantas. Desta forma, obteve-se uma classificação mais precisa, gerando impactos positivos na pesquisa para seleção dos melhores genótipos de *Cynodon sp.* Portanto, as geotecnologias já são uma realidade no meio agrário, possibilitando avanços em pesquisas e auferindo ganhos em eficiência, na localização e estimativas relacionadas à produção agropecuária, auxiliando ao produtor no conhecimento dos recursos disponíveis, com maior precisão.

Figura 6 – Índices de vegetação para cálculo dos perímetros das plantas na parcela (A); Subdivisão do vigor dos clones nas classes (i) saudáveis (esverdeados), (ii) estressados (amarelados) e (iii) fortemente estressados (avermelhados) (B).

Figura 7 - Classe dos doze melhores genótipos atribuídos com nota máxima 5 utilizando os métodos tradicionais de campo (A); Ranking dos doze melhores genótipos selecionados a partir das geotecnologias embarcadas no VANT (B).

CAPÍTULO 19

MONITORAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DO MILHO POR MEIO DE VANT*

Data de aceite: 15/12/2021

Ricardo Guimarães Andrade

Marcos Cicarini Hott

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Pérsio Sandir D'Oliveira

Jackson Silva e Oliveira

Produzir com sustentabilidade econômica e ambiental é um dos principais desafios para o aumento da produção agrícola. Por meio de plataformas de aerolevantamento denominadas VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) ou drone, é possível a execução de atividades de monitoramento, avaliação e apoio à tomada de decisão quanto ao aperfeiçoamento do manejo de lavouras e de rebanhos em propriedades rurais de qualquer escala de produção. As plataformas VANTs são aeronaves leves e de baixo custo operadas a partir do solo e que podem embarcar sensores para imageamento. Os sensores mais comuns são os que coletam dados na faixa do visível (sensores RGB), no entanto, há uma diversidade de sensores tais como os que captam informações apenas na banda do infravermelho próximo e termal ou aqueles que são multiespectrais e possibilitam extrair informações em diversas faixas do espectro eletromagnético. Os sensores RGB são interessantes pelo custo benefício, ou seja, possibilita a geração de índices espectrais na faixa do visível e ainda permite extrair, a partir dos softwares de geoprocessamento, outros produtos como modelo digital de terreno (MDT), modelo 3D, ortomosaico de imagens, estimativa de volume e precisas curvas de nível.

Os avanços alcançados em anos recentes criaram inúmeras possibilidades de uso que denotam a importância dessa tecnologia para gerenciamento dos recursos empregados no campo. Neste contexto, o presente estudo objetivou o uso de plataforma VANT e sensor RGB embarcado para monitorar a cultura do milho em diferentes estádios de desenvolvimento. A área de estudo situa-se no município de Coronel Pacheco-MG, mais precisamente, no Campo Experimental José Henrique Bruschi (CEJHB) da Embrapa Gado de Leite. Nesta área predomina o Neossolo Flúvico (terraço) distrófico de relevo plano e textura variada. Solos característicos de várzeas colúvio-aluviais. Em 07 de abril de 2018 efetuou-se a semeadura do milho, tendo como escolha de plantio o híbrido RB 9308 VTPRO da Riber KWS. Para tanto, definiu-se espaçamento entre linhas de 80 cm e o plantio de 4,6 sementes por metro, com o objetivo de obter o estande de 57,5 mil plantas por hectare, totalizando cerca de 310.000 sementes na área de 5,39 hectares.

Nos dias 26/04/18 e 24/05/18 foram

executadas as atividades de aerolevantamentos por meio de VANT de asas rotativas, tipo quadricóptero, modelo Inspire 1 Pro, que permite o intercâmbio de câmeras com sensores RGB (Red, Green, Blue) e multiespectral. Para o imageamento na faixa do visível, utilizou-se de uma câmera RGB modelo DJI Zenmuze X5. Os sensores RGB de alta precisão permitiram avaliar as condições do plantio a partir de procedimentos para mensurações quantitativas da vegetação, como também, nas avaliações qualitativas realizadas por meio de índices de vegetação que operam na faixa visível do espectro eletromagnético. Para tanto, foram usados os índices VARI (Visible Atmospherically Resistant (GITELSON et al., 2002)) e GLI (Green Leaf Index (HUNT JR. et al., 2013)). O VARI foi desenvolvido para levar em consideração a redução de possíveis influências dos constituintes atmosféricos por meio da subtração da banda espectral referente ao canal azul no denominador da equação 1. Já o índice GLI, equação 2, tem sido aplicado na distinção entre vegetação fotossinteticamente ativa e vegetação seca com exposição de solo.

$$VARI = \frac{\rho_{Green} - \rho_{Red}}{\rho_{Green} + \rho_{Red} - \rho_{Blue}} \quad (1)$$

$$GLI = \frac{(2\,\rho_{Green} - \rho_{Red} - \rho_{Blue})}{(2\,\rho_{Green} + \rho_{Red} + \rho_{Blue})} \quad (2)$$

Em que, P_{Green}, P_{red} e P_{Blue} são as bandas espectrais referentes aos canais do verde (*Green*), vermelho (*Red*) e azul (*Blue*), respectivamente.

Conforme Tabela 1 nota-se que o índice VARI apresentou, na maior parte da área (~90%), intervalos de valores negativos. Já o índice GLI teve apenas um intervalo de classe de valores negativos, porém, com abrangência de 1,38 ha ou 25,58% da área total. Estes valores indicam que havia pouca cobertura vegetal ou ampla exposição de solo. No dia 26/04/18 o milho se apresentava com 19 dias após semeadura, ou seja, entre os estádios fenológicos de segunda folha (V2) e quarta folha (V4). As subdivisões V1 a Vn (ultima folha completamente expandida anterior ao pendoamento) são considerados estádios vegetativos (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

Classes	Índices de Vegetação					
	VARI			GLI		
	Intervalo de classes	Área (ha)	Cobertura (%)	Intervalo de classes	Área (ha)	Cobertura (%)
	0,02 a 0,53	0,08	1,56	0,10 a 0,48	0,04	0,66
	-0,05 a 0,01	0,60	11,09	0,04 a 0,09	0,21	3,84
	-0,09 a -0,06	2,14	39,41	0,02 a 0,03	1,12	20,66
	-0,12 a -0,10	1,96	36,18	0,00 a 0,01	2,67	49,26
	-0,62 a -0,13	0,64	11,75	-0,27 a -0,01	1,38	25,58

Tabela 1. Intervalos de classes de índices de vegetação VARI (*Visible Atmospherically Resistant*) e GLI (*Green Leaf Index*) com suas respectivas áreas, em porcentagem, para o aerolevantamento do dia 26 de abril de 2018

Na Figura 1A tem-se o mosaico de imagens RGB (bandas do visível). Observa-se que predominam áreas com exposição de solo. Visualmente, as linhas de plantio do milho começam a se definir em pequenas áreas nas bordas norte e sul. A região central é a que concentra boa parte dos valores negativos de intervalos de classes dos índices VARI e GLI, representados pelas classes em tons de amarelo, laranja e vermelho no índice VARI (Figura 1B) e laranja e vermelho no índice GLI (Figura 1C).

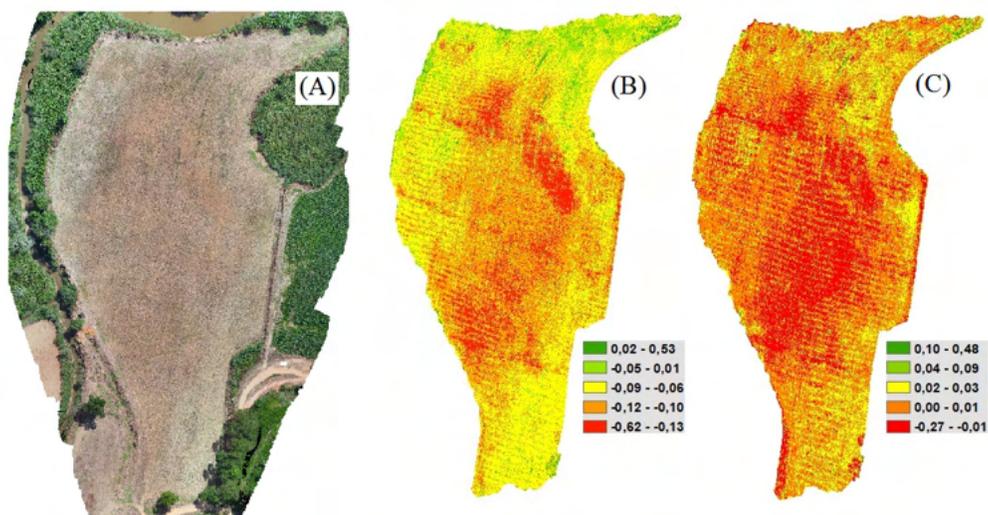



Figura 1 – Imagem mosaico RGB (A) e visualização da abrangência dos intervalos de classes dos índices de vegetação VARI (B) e GLI (C), para o dia 26 de abril de 2018.

Os índices indicam a heterogeneidade de desenvolvimento da cultura desde os estádios vegetativos iniciais. Neste caso, pode ter sido influenciado pela variabilidade

hídrica ou pelos constituintes químicos e físicos do solo. Análises de solos poderão elucidar esta questão.

Para o aerolevantamento realizado em 24/05/18 verificou-se que os índices de vegetação VARI e GLI apresentaram intervalos de classes positivos em mais de 85% da área de plantio (Tabela 2). Da área total (5,39 ha), apenas 13,13% (0,72 ha) e 14,78% (0,78 ha) foram classificados com intervalos negativos por meio dos índices VARI e GLI, respectivamente.

Classes	Índices de Vegetação					
	VARI			GLI		
	Intervalo de classes	Área (ha)	Cobertura (%)	Intervalo de classes	Área (ha)	Cobertura (%)
	0,24 a 0,60	0,76	13,96	0,20 a 0,50	0,53	9,81
	0,18 a 0,23	1,70	31,14	0,16 a 0,19	1,12	20,50
	0,11 a 0,17	1,31	24,05	0,12 a 0,15	1,53	28,10
	0,02 a 0,10	0,97	17,72	0,07 a 0,11	1,49	27,31
	-0,21 a 0,01	0,72	13,13	-0,06 a 0,06	0,78	14,78

Tabela 2. Intervalos de classes de índices de vegetação VARI (Visible Atmospherically Resistant) e GLI (Green Leaf Index) com suas respectivas áreas, em porcentagem, para o aerolevantamento do dia 24 de maio de 2018

Na Figura 2A pode-se observar que a cultura do milho apresenta o dossel mais desenvolvido (47 dias após semeadura, entre estádio V8 e V9). No entanto, falhas de plantio são visíveis, principalmente na parte central da área. Ao comparar os mapas dos índices VARI (Figura 2B) e GLI (Figura 2C) nota-se que o índice GLI se mostra mais sensível à vegetação verde, neste caso, a formulação do índice pode evidenciar uma possível explicação, devido ao fato da banda espectral do verde ter peso 2 em relação às bandas do azul e vermelho. Assim, os valores positivos de GLI representam características de folhas e caules verdes.

De forma geral, observa-se que índices VARI e GLI apresentaram desempenho semelhante nos estádios vegetativos iniciais da cultura do milho. Os índices foram sensíveis na discriminação das classes em intervalos que indicam desde a exposição de solo e baixo vigor (tons de vermelho, laranja e amarelo) até o alto vigor da vegetação (tons de verde). Assim, os índices VARI e GLI surgem como potencial alternativa para o monitoramento da lavoura por meio de sensores RGB de baixo custo a bordo de plataformas VANT.

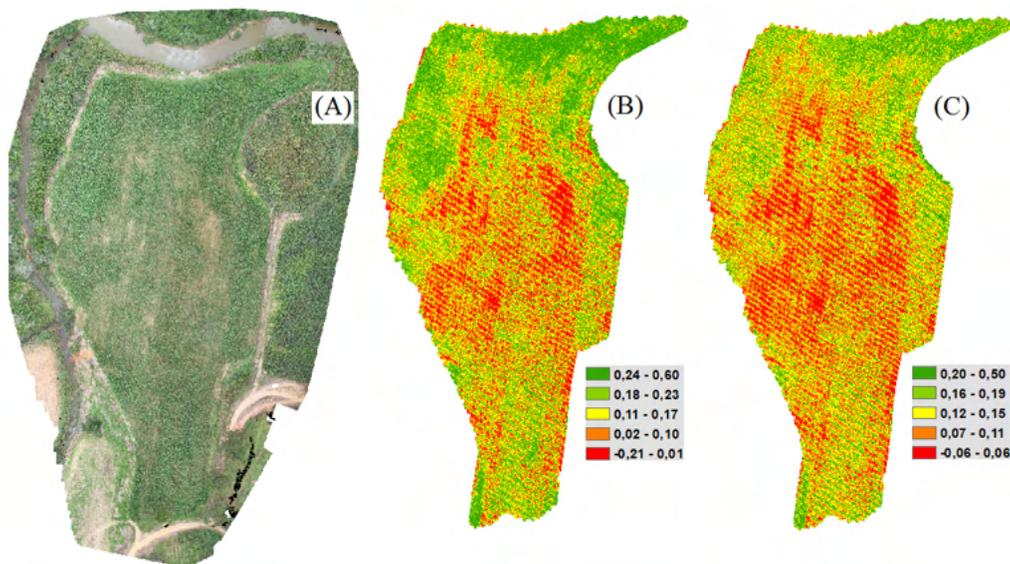



Figura 2 – Imagem mosaico RGB (A) e visualização da abrangência dos intervalos de classes dos índices de vegetação VARI (B) e GLI (C), para o dia 24 de maio de 2018.

REFERÊNCIAS

*ANDRADE, R. G.; HOTT, M. C.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P.; D'OLIVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, J. S. Monitoring of Corn Growth Stages by UAV Platform Sensors. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, v. 6, p. 54-58, 2019.

GITELSON, A. A.; STARK, R.; GRITS, U.; RUNDQUIST, D.; KAUFMAN, Y.; DERRY, D. Vegetation and soil lines in visible spectral space: a concept and technique for remote estimation of vegetation fraction. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 13, p. 2537-2562, 2002.

HUNT JR., E. R.; DORAISWAMY, P. C.; MCMURTREY, J. E.; DAUGHTRY, C. S. T.; PERRY, E. M. A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 21, p. 103-112, 2013.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. EMBRAPA Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Circular Técnica, 76). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490408/1/Circ76.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2019.

CAPÍTULO 20

ESTIMATIVA DE VIGOR VEGETATIVO EM EXPERIMENTOS DE CAPIM *CYNODON* COM O USO DE VANT*

Data de aceite: 15/12/2021

Marcos Cicarini Hott

Ricardo Guimarães Andrade

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Flávio Rodrigo Gandolfi Benites

Tecnologias de levantamento aerofotogramétrico com veículos aéreos não tripulados (VANT) geram inúmeras aplicações fundiárias, e, especialmente, na agropecuária, sejam ao nível produtivo ou em pesquisas de base. A rapidez, eficiência e precisão na geração de dados, informações, vetorização de alinhamentos e imagens da cobertura das terras permitem a execução de trabalhos de campo com excelente qualidade a um custo que demanda avaliação em termos de locação, para um número pequeno de trabalhos, ou aquisição do equipamento, frente a um volume grande de glebas a serem avaliadas. Diante das novas tecnologias em sensoriamento remoto e geoprocessamento, essa categoria de VANT's de pequeno porte com câmeras e sensores multiespectrais facilita levantamentos aéreos visando detectar diversos aspectos biofísicos com periodicidade definida pelo usuário e de acordo com o ciclo fenológico (ANDERSON; GASTON, 2013). O trabalho de seleção genética, fenotipagem e a mensuração de parâmetros agronômicos em forrageiras, podem ser apoiados por aerolevantamentos a partir de sensores do VANT, comparando-se os dados de campo ao nível do terreno e resultantes dos sobrevôos. A base para as análises e ensaios de campo, com os sobrevoos, são levantamentos de pontos de controle com GPS geodésico, visando boa precisão e definição das transformações no SIG (Sistema de Informações Geográficas) para estimativas nas parcelas de *Cynodon*. Nestes ensaios foram utilizados os seguintes índices de vegetação, cujas equações estão a seguir:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (1)$$

$$VARI = \frac{\rho_{Green} - \rho_{Red}}{\rho_{Green} + \rho_{Red} - \rho_{Blue}} \quad (2)$$

$$GLI = \frac{(2\,\rho_{Green} - \rho_{Red} - \rho_{Blue})}{(2\,\rho_{Green} + \rho_{Red} + \rho_{Blue})} \quad (3)$$

$$CIgreen = \left(\frac{\rho_{nir}}{\rho_{green}}\right) - 1 \quad (4)$$

$$NDRE = \frac{\rho_{nir} - \rho_{rededge}}{\rho_{nir} + \rho_{rededge}} \quad (5)$$

Em que P_{Green}, P_{Red}, P_{blue}, $P_{rededge}$ e P_{nir} são as bandas espectrais referentes aos canais do verde (*Green*), vermelho (*Red*), azul (*Blue*), infravermelho (NIR) e borda do vermelho (Red Edge), respectivamente.

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Rouse et al., 1973), VARI (*Visible Atmospherically Resistant*) (GITELSON et al., 2002), GLI (*Green Leaf Index*) (HUNT JR. et al., 2013), CIgreen (Green Clorophyl Index) e NDRE (Normalized Difference Red Edge) (GITELSON et al., 2003) foram utilizados como forma de obter-

se o mapas que indiquem os estresses pertinentes à problemas de sanidade, deficiência mineral, infestações de pragas, dentre outros, em diversos tratamentos experimentais aplicados aos clones de *Cynodon* pertencentes ao programa de melhoramento genético da Embrapa. Informações dos índices de vegetação e volume de forragem conjugadas originaram um método para estimar-se a condição do vigor das forrageiras, denominado i-Health&Height-Plants, visando congregar a resposta espectral com a altura ou volume das plantas. Foram realizados testes no Campo Experimental José Henrique Bruschi, em Coronel Pacheco (MG), a partir de plano de voo para o VANT Inpire 1, visando alta precisão com o uso de pontos de controle coletados através de GPS geodésico. Por meio de câmera multiespectral foram realizados ensaios com o VARI, GLI, CIgreen, NDVI e NDRE. Foi empregada metodologia em experimento pertencente ao programa de melhoramento genético do gênero *Cynodon*, instalado em blocos aumentados de Federer. O experimento em blocos aumentados foi constituído por 8 blocos, avaliando-se em cada bloco 48 tratamentos não comuns e duas testemunhas (tratamentos comuns Tifton 85 e Grama Estrela Roxa), com excessão do último bloco que foi constituído de 47 tratamentos não comuns mais os dois tratamentos comuns, totalizando 399 parcelas. No momento do corte do experimento, foram dadas notas relacionadas ao vigor das parcelas, foi mensurada a altura, além do peso de matéria verde de cada parcela.

O objetivo deste trabalho é estabelecer um estudo de viabilidade técnica da plataforma de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para estimativa da correlação da produção de matéria verde, altura do dossel forrageiro e do vigor das parcelas do gênero *Cynodon*, usando volume e vigor pelo método i-Health&Height-Plants, por índice NDRE e modelo de terreno e superfície (MDT). Foram utilizadas câmeras de imageamento na faixa do visível (RGB), borda do vermelho (RedEdge) e infravermelho próximo (NIR) para monitoramento contínuo do experimento de *Cynodon* conduzido no Campo Experimental José Henrique Bruschi (CEJHB) na cidade de Coronel Pacheco-MG. Há procedimento padrão na execução dos levantamentos, com o planejamento de voo na área equivalente e adjacências, em decorrência da necessidade de informações fora dos limites da área de interesse, além de serem necessários o estabelecimento de uma série de parâmetros quanto à configuração do sistema utilizado para o VANT (Figura 1).

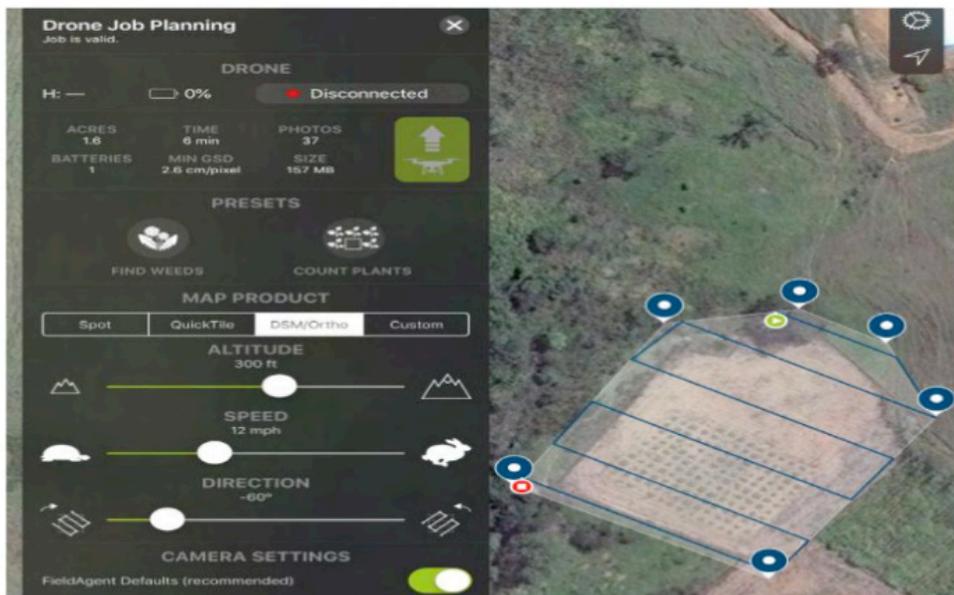



Figura 1 – Etapa de planejamento do voo com VANT na área experimental e visualização do ambiente de configuração.

Após o processamento das imagens, por estereoscopia de imagens, e reamostradas para 15 cm, obteve-se o MDT com a estimativa altimétrica e volumétrica das parcelas (Figura 2A). Selecionou-se o NDRE como o índice de vegetação mais adequado às estimativas do vigor, frente aos outros índices testados (Figura 2B). A partir das correlações entre a classificação do peso verde dos clones das parcelas do capim *Cynodon*, nota atribuída, NDRE e volume estabeleceu-se um multicritério para a reunião dos clones com melhor pontuação.

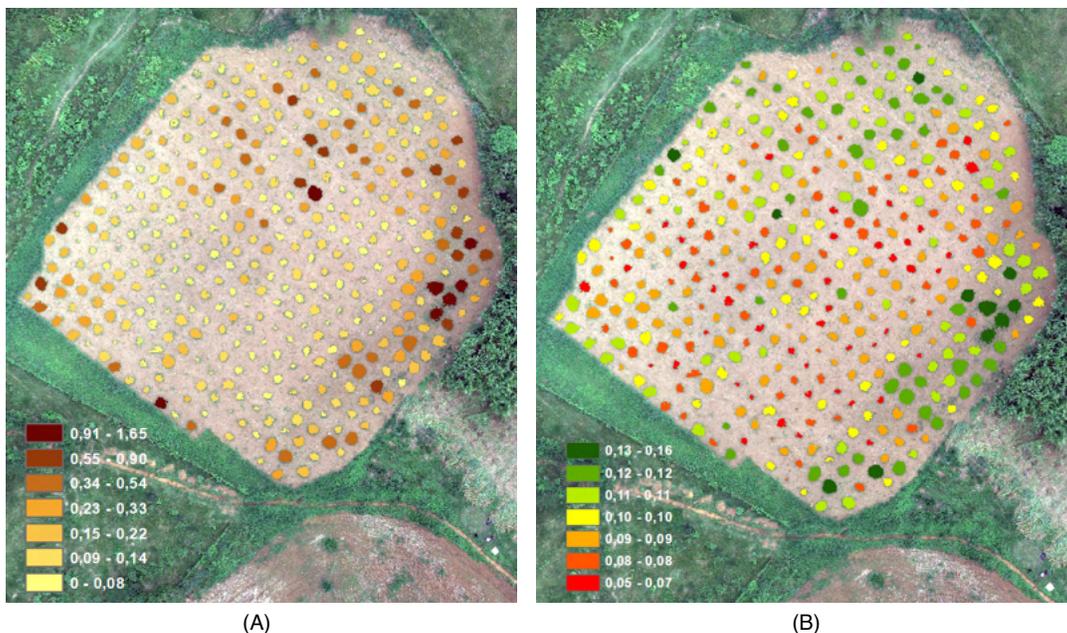



Figura 2 – MDT (volume em m²) das áreas com experimentos (A) e NDRE das áreas com experimentos (B)

O NDRE não possibilitou por si só uma boa correlação com as notas e peso verde, conforme os dados da Tabela 1 (notas atribuídas estão em parênteses e a letra T representa a testemunha, a qual é o capim Tifton 85 cv). Nota-se que sem a totalidade dos parâmetros, o qual incluiria a informação volumétrica (MDT), as parcelas de Tifton surgem nesta classificação, mesmo sendo o capim testemunha, usado para efeito de comparação com os tratamentos aplicados às forrageiras no melhoramento genético. Assim, com o uso do multicritério, o qual preconiza o cruzamento de várias camadas de informações, obteve-se uma melhor correlação, e, por conseguinte, a seleção mais adequada dessas forrageiras (Tabela 2). Na Figura 3, a distribuição geográfica das parcelas com os resultados do método empregado, assim como a posição das forrageiras na classificação adotada, considerando as 12 melhores ranqueadas.

O VANT permitiu, em uma primeira abordagem, uma rápida e eficiente captura de informações por sensoriamento remoto das parcelas em campo, e, por meio da metodologia i-Health&Height-Plants, estabeleceu-se um padrão nas estimativas de parâmetros de cunho agronômico em melhoramento genético de clones de capim *Cynodon*. Isto pode contribuir sobremaneira, por exemplo, na fenotipagem de alto rendimento em programas de melhoramento de plantas. Esta, provavelmente, se constitui em uma nova fronteira do conhecimento para aplicações em levantamentos aerofotogramétricos e de extração de parâmetros biofísicos em lavouras, aspectos fitossanitários e antecipação de estresses

que possam ocorrer do ponto de vista hídrico, mineral, nutricional ou entomológico. As aplicações em infraestrutura e mapeamento exploratório irão surgir à medida em que o VANT se popularizar no meio acadêmico e rural.

Ranking das parcelas selecionadas pelo índice de vegetação NDRE					
Classificação	Nº Parcela	Peso verde (kg)	**Classificação**	**Nº Parcela**	**Peso verde (kg)**
1º	385 (4) (T)	1,38	7º	309 (4) (T)	1,45
2º	68 (5) (T)	3,6	8º	265 (5)	2,68
3º	270 (4) (T)	2,04	9º	269 (5)	3,10
4º	305 (4,5)	2,44	10º	268 (5)	2,64
5º	206 (4)	1,60	11º	31 (5)	3,45
6º	213 (3,5)(T)	1,38	12º	148 (4,5)	2,52

Tabela 1 – NDRE para as forragens nas parcelas do experimento.

Aferição do peso verde das plantas a partir do ranking das doze melhores parcelas de *Cynodon spp.* selecionadas pelo método i-Health&Height-Plants					
Classificação	Nº Parcela	Peso verde (kg)	**Classificação**	**Nº Parcela**	**Peso verde (kg)**
1º	269 (5)	3,10	7º	3 (3)	1,71
2º	305 (4,5)	2,44	8º	319 (5)	1,50
3º	277 (5)	2,44	9º	343 (4)	1,80
4º	268 (5)	2,64	10º	341 (4)	1,28
5º	265 (5)	2,68	11º	86 (4)	1,60
6º	342 (4)	1,30	12º	266 (4,5)	1,50

Tabela 2 – Peso verde das forragens nas parcelas do experimento.

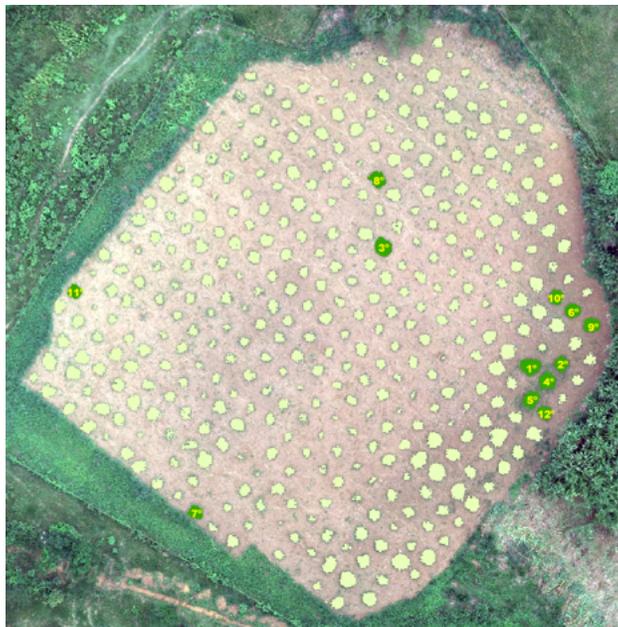



Figura 3 – Resultado final com a composição NDRE e MDT, seleção teste por VANT das melhores forragens nas parcelas.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, K.; GASTON, K. J. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 11, n. 3, p. 138-146, 2013.

GITELSON, A. A.; STARK, R.; GRITS, U.; RUNDQUIST, D.; KAUFMAN, Y.; DERRY, D. Vegetation and soil lines in visible spectral space: a concept and technique for remote estimation of vegetation fraction**.** **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 13, p. 2537-2562, 2002.

GITELSON, A.A.; GRITZ, Y.; MERZLYAK, M.N. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. **Journal of Plant Physiology**.v. 160, p. 271-282, 2003.

*HOTT, M. C., ANDRADE, R. G., MAGALHAES JUNIOR, W. C. P., BENITES, F. R. G. Uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) para estimativa de vigor e de correlações agronômicas em genótipos de capim Cynodon. In: SILVA, H. C. Engenharia Sanitária e Ambiental. Ponta Grossa: ATENA Editora, 2019. 235-244.

HUNT JR., E. R.; DORAISWAMY, P. C.; MCMURTREY, J. E.; DAUGHTRY, C. S. T.; PERRY, E. M. A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 21, p. 103-112, 2013.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Earth resources technology satellite-1 Symposium, 3., 1973, Greenbelt. **Proceedings…**Greenbelt: NASA SP-351 I, 1973. p. 309-317.

CAPÍTULO 21

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES DE PASTAGENS*

Data de aceite: 15/12/2021

Victor Rezende Franco

Ricardo Guimarães Andrade

Marcos Cicarini Hott

Leonardo Goliatt da Fonseca

Domingos Sávio Campos Paciullo

Carlos Augusto de Miranda Gomide

Guilherme Morais Barbosa

A tecnologia na área agrícola proporcionou o aumento do rendimento por área de plantio e a redução do desperdício de insumos, se tornando de grande importância para uma produção mais eficiente e sustentável. Entretanto, o levantamento de parâmetros biofísicos de plantas em larga escala é uma atividade dispendiosa e às vezes dependem de técnicas de coleta destrutiva, sendo alvo de diversos estudos (FIORANI e SCHURR, 2013; FURBANK, 2009; HOULE et al., 2010; NGUYEN et al., 2019). Esta busca, de acordo com (SANTOS e YASSITEPE, 2014), é conhecida pela comunidade científica como "gargalo de fenotipagem” (*phenotyping bottleneck*), devido à lacuna entre a quantidade e qualidade de dados genômicos e fenotípicos disponíveis. A tecnologia da informação tem ganhado muito espaço na pecuária, tendo como sua principal fonte propulsora a busca por uma produção mais eficiente. De acordo com Santos (2017), técnicas que utilizem visão computacional e processamento de imagens são essenciais para a evolução na área de fenotipagem.

Smartphones podem integrar tecnologias de captura de imagens e o processamento das mesmas, o que tem viabilizado aplicativos que fazem uso de técnicas de visão computacional. Ainda é possível obter a geolocalização destas imagens por meio dos dispositivos e armazenar e tratar esses dados. Segundo Gichamba e Lukandu (2012), aparelhos *mobiles* possuem uma grande acessibilidade financeira e boa difusão no meio agropecuário, servindo como potencial ferramenta no auxílio da extração de informações fenotípicas de pastagens.

O objetivo desta pesquisa foi desenvolver uma aplicação *mobile* que possibilite, por meio de imagens captadas pela câmera do smartphone, estimar parâmetros biofísicos por meio de algoritmos implementados para extração de características inerentes às imagens. Posteriormente, os resultados dessas estimativas foram correlacionados com a biomassa e a altura de pastagem. A versão atual do aplicativo Capta Pasto foi implementada visando a predição dos parâmetros: Cobertura verde, altura das pastagens e biomassa.

Para o desenvolvimento do aplicativo

foi utilizado o ambiente de desenvolvimento Android Studio versão 4.2. O algoritmo foi desenvolvido utilizando a linguagem Java, para recursos de interface do aplicativo a XML (eXtensible Markup Language) e banco de dados SQLite. Para analisar as imagens, foram obtidos alguns atributos das mesmas como cobertura verde, informações de textura e Índices de Vegetação (IV). Para estimar a cobertura verde foi utilizado o espaço de cores HSV (*hue, saturation e value),* por ser menos suscetível a variação de luz. Com base em um limiar para o canal *Hue* (H) cada *pixel* foi classificado como pastagem ou não pastagem. A cobertura verde foi estimada com base na quantidade de pixels identificados como pastagem e na quantidade total de pixels na imagem. A Figura 1 exemplifica uma dessas estimativas feitas por meio do aplicativo**.**

Figura 1 – Imagem original (A); imagem segmentada, com os pontos classificados como pastagem e não pastagem representados pelas cores branco e preto, respectivamente (B).

Também por meio das imagens foram obtidos os seguintes índices de vegetação, *Modified aPhotochemical Reflectance Index - MPRI* (Yang et al., 2008); *Triangular Greenness Index -* TGI (Hunt et al., 2013); *Green Leaf Index* – GLI (Louhaichi et al., 2001) e o V*isible Atmospherically Resistant Index -* VARI (Gitelson et al., 2002), conforme equações a seguir.

$$MPRI = \frac{(G - R)}{(G + R)} \quad (1)$$

$$TGI = G - (0{,}39 \times R) - (0{,}61 \times B) \quad (2)$$

$$GLI = \frac{(2 \times G - R - B)}{(2 \times G + R + B)} \quad (3)$$

$$VARI = \frac{(G - R)}{(G + R - B)} \quad (4)$$

Em que, R são os dados da imagem para a região do espectro da luz referente a cor vermelha; G os dados da imagem referente a região do espectro da luz representada pela cor verde; e B os dados da imagem que são captados na região do espectro de luz referente a cor azul. Também foram extraídas algumas informações de textura das imagens. Para isso foi utilizada uma matriz de concorrência de nível de cinza, proposta por Haralick (1979). Dessa matriz, foram extraídos os atributos: Homogeneidade, segundo momento angular e entropia. Os atributos extraídos das imagens serviram como informações para os métodos de aprendizado de máquina utilizados: regressão lasso, regressão por vetores de suporte e rede *perceptron* de múltiplas camadas. Os parâmetros dos modelos foram selecionados por meio da técnica de evolução diferencial, possibilitando realizar a predição dos parâmetros biofísicos estudados; altura e biomassa. Ao realizar uma nova captura o aplicativo obtém junto com o parâmetro selecionado as coordenadas da imagem por meio da função de localização GPS do smartphone. Em seguida todas essas informações são armazenadas no banco de dados.

A Figura 2 exemplifica uma captura de kg/ha de biomassa feita pelo aplicativo e a Figura 3 uma estimativa de altura. Para obtenção dos dados de biomassa foram feitas 3 fotografias utilizando 3 diferentes dispositivos mobile em 30 parcelas escolhidas de maneira aleatória, totalizando 90 fotografias, todas as fotografias foram tiradas de forma ortogonal a uma distância entre 1,0 e 1,4 m. As imagens óticas de pastagens de *Panicum maximum (syn Megathirsus maximus)* foram obtidas em área experimental da Embrapa Gado de Leite, município de Coronel Pacheco, MG, em fevereiro de 2020, durante a estação do verão, período que a vegetação normalmente apresenta maior vigor. Foram retiradas amostras de todas as parcelas fotografadas em área de 0,5 m². Posteriormente, as amostras tiveram a contabilização do peso verde e, após secagem em estufa, o peso da matéria seca. Na sequência, os dados de cada parcela foram extrapolados para kg/ha.

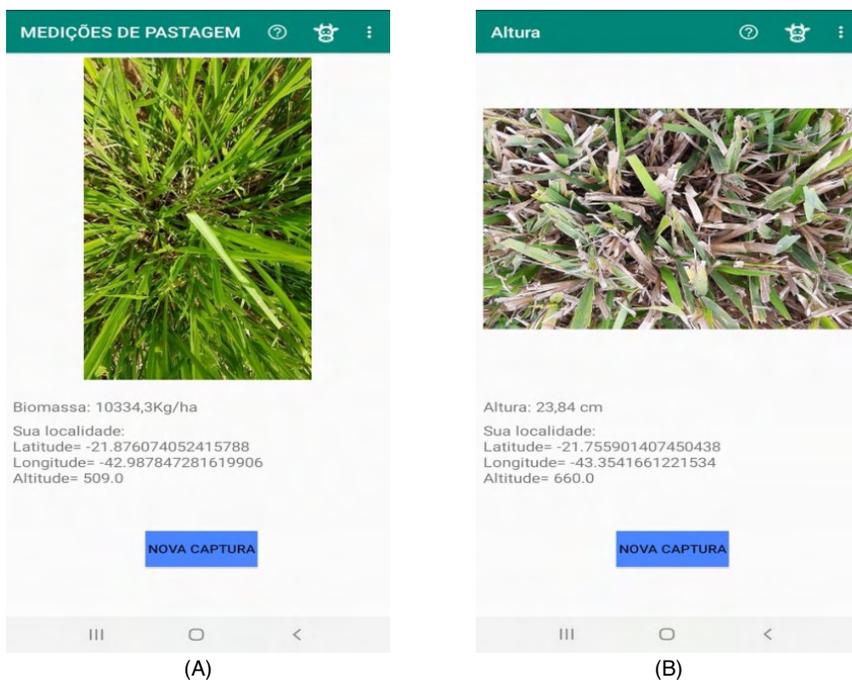



Figura 2 – Estimativa de biomassa (A) e de altura (B) por meio do aplicativo Capta Pasto.

Para implementação dos algoritmos para estimativa de altura, fotografias de 32 parcelas foram tiradas de forma ortogonal a uma distância entre 1,0 e 1,4 m. As imagens óticas da vegetação de pastagens foram obtidas no município de Mar de Espanha, MG, em julho de 2020. Em todas as amostras fotografadas foram efetuadas medições de altura do pasto com uso de uma régua graduada. Para avaliar os modelos implementados, foram utilizadas as seguintes métricas: Coeficiente de determinação (R^2), índice de Willmott (WI), Erro Médio Absoluto (MAE), Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) e Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE). Para avaliar o desempenho dos modelos, o método de evolução diferencial foi aplicado 30 vezes para cada técnica de ML, utilizando validação cruzada com cinco subconjuntos, tendo seus dados embaralhados por diferentes sementes aleatórias.

A Tabela 1 mostra os resultados de avaliação dos modelos implementados para estimativa de altura e biomassa, contendo a média e desvio-padrão das métricas referente as 30 simulações do algoritmo de evolução diferencial. Já a Figura 3 mostra um gráfico radar, para facilitar a comparação dos modelos. A Rede Perceptron de Múltiplas Camadas foi a que apresentou os melhores resultados, tanto para a estimativa de biomassa quanto para altura da pastagem e por isso foi escolhida como o modelo implementado no aplicativo.

	Modelo	R^2	WI	RMSE	MAE	MAPE
Biomassa	Lasso	0,398 (0,087)	0,739 (0,056)	3,03 (0,217)	2,37 (0,216)	51,18 (3,41)
	MLP	**0,495** (0,010)	**0,800** (0,006)	**2,78** (0,026)	**2,11** (0,041)	45,29 (1,96)
	SVR	0,371 (0,029)	0,709 (0,021)	3,10 (0,070)	2,18 (0,101)	**45,02** (2,88)
Altura	Lasso	0,632 (0,006)	0,886 (0,002)	5,25 (0,040)	4,15 (0,038)	25,91 (0,455)
	MLP	**0,656** (0,016)	**0,895** (0,008)	**5,07** (0,120)	**4,00** (0,155)	**25,72** (1,52)
	SVR	0,482 (0,008)	0,825 (0,006)	6,23 (0,045)	4,67 (0,050)	31,36 (0,439)

Tabela 1 – Resultados de avaliação dos modelos Lasso, MLP e SVR por meio do coeficiente de determinação (R^2), índice de Willmott (WI), Erro Médio Absoluto (MAE), Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) e Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE)

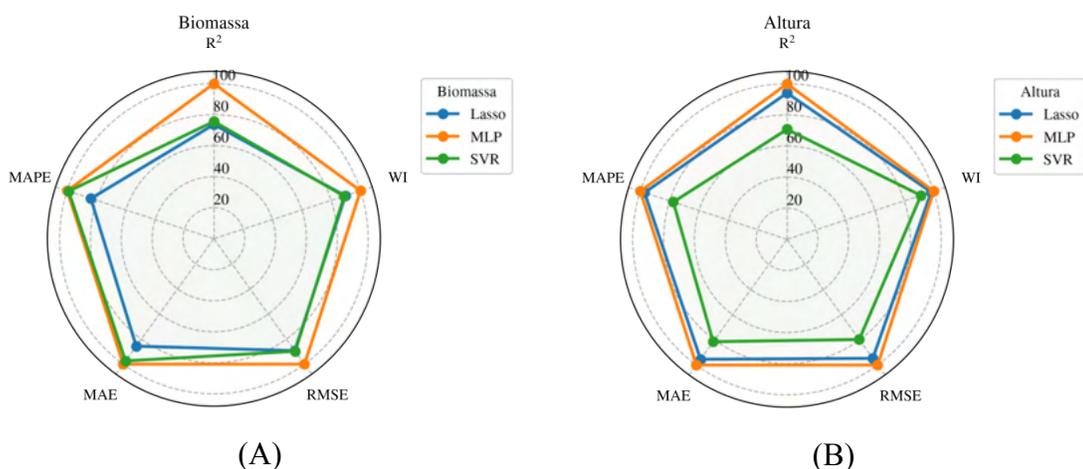



Figura 3 – Visualização de gráfico radar para avaliação comparativa dos modelos aplicados para estimativa de biomassa (A) e altura (B) do pasto.

REFERÊNCIAS

FIORANI, F.; SCHURR, U. Future scenarios for plant phenotyping, **Annual Review of Plant Biology,** v. 64, p. 267-291, 2013. doi: 10.1146/annurev-arplant-050312-120137.

*FRANCO, V. R., ANDRADE, R. G., HOTT, M. C., FONSECA, G. L., PACIULLO, D. S. C., GOMIDE, C. A. M., BARBOSA, G. M. Estimation of biophysical parameters to monitor and manage pasture using a mobile application. In: International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS), v. 7, 12, 352-355, 2020

FURBANK, R.T. Plant phenomics: from gene to form and function. **Functional Plant Biology**, v. 36, p. 5-6, 2009. https://doi.org/10.1071/FPv36n11_FO

GICHAMBA, A.; LUKANDU, I. A. A Model for designing M-Agriculture Applications for Dairy Farming. **The African Journal of Information Systems**, v. 4, n. 4, p. 120-136, 2012.

GITELSON, A. A.; KAUFMAN, Y. J.; STARK, R; RUNDQUIST, D. Novel Algorithms for Remote Estimation of Vegetation Fraction. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, n. 1, p. 76-87, 2002.

HARALICK, R. M. Statistical and structural approaches to texture. **Proceedings of the IEEE**, v. 67, n. 5, p. 786-804, 1979. doi: 10.1109/PROC.1979.11328

HOULE, D.; GOVINDARAJU, D. R.; OMHOLT, S. Phenomics: the next challenge. **Nature Reviews Genetics**, v. 11, p. 855-866, 2010.

HUNT JR., E. R.; DORAISWAMY, P. C.; MCMURTREY, J. E.; DAUGHTRY, C. S. T.; PERRY, E. M. A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 21, p. 103-112, 2013.

LOUHAICHI, M.; BORMAN, M. M.; JOHNSON, D. E. Spatially Located Platform and Aerial Photography for Documentation of Grazing Impacts on Wheat. Geocarto International, v. 16, n. 1, p. 65-70, 2001.

NGUYEN, G.; N.; MAHARJAN, P.; MAPHOSA, L.; VAKANI, J.; THODAY-KENNEDY, E.; KANT, S. A robust automated image-based phenotyping method for rapid vegetative screening of wheat germplasm for nitrogen use efficiency. **Frontiers in Plant Science,** v. 10, 1372, 2019. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01372

SANTOS, M. R. **Desenvolvimento de um sistema de visão computacional para fenotipagem de alta precisão**. 2017. 90 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.

SANTOS, T. T.; YASSITEPE, J. E. C. T. **Fenotipagem de plantas em larga escala: um novo campo de aplicação para a visão computacional na agricultura**. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; ROMANI, L. A. S. (Ed.). Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 5. p. 85-100.

YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. Impact of band-ratio enhanced AWIFS image to crop classification accuracy. In: Pecora – The Future of Land Imaging… Going Operational, 17. 2008, Denver, Colorado, USA. **Proceedings...** Maryland: (ASPRS), 2008. 11p. Disponível em: <http://www.asprs.org/a/publications/proceedings/pecora17/0041.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2021.

CAPÍTULO 22

GEORRASTREABILIDADE APLICADA À GESTÃO DO REBANHO*

Data de aceite: 15/12/2021

Ricardo Guimarães Andrade

Marcos Cicarini Hott

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Mateus Batistella

A aplicação de geotecnologias e geoinformação por parte de órgãos e empresas, públicos ou privados, têm crescido consideravelmente, principalmente para apoiar processos de planejamento, execução e monitoramento de projetos (BATISTELLA et al., 2008). Ao utilizar geotecnologias e geoinformação numa análise integrada dos processos de produção da bovinocultura com abrangência, não somente das práticas tradicionais de produção em nível pontual e/ou local (inseminação, vacinas, pesagem, etc), mas também daquelas que proporcionam uma visão espaço-temporal, surgiu o conceito de georrastreabilidade (BATISTELLA et al., 2006).

A componente espacial se destaca por agregar valor aos produtos de mercado, à certificação e rotulagem da comercialização no varejo e à comunicação com os consumidores, com potencial para induzir futuras políticas para o setor. De forma simplificada, a georrastreabilidade pode ser definida como a associação da informação de natureza geográfica com a informação tradicional provida pela rastreabilidade (DEBORD et al., 2005). Mais especificamente, esse capítulo apresenta o trabalho que explorou a utilização de planos de informações espaciais inerentes a parâmetros biofísicos da pastagem (índices de vegetação e evapotranspiração) juntamente com a coleta de dados da mobilidade dos bovinos no pasto para extração e disponibilização de informações espacialmente explícitas que possam auxiliar a bovinocultura sustentável, de leite ou de corte. Padrões de comportamento animal podem ser aferidos e identificados por meio de sensoriamento remoto, com equipamentos úteis no monitoramento da movimentação animal (WARK et al., 2009). Nesse caso, como primeira etapa para o processo de gerenciamento de informações, os dados de mobilidade animal coletados por meio dos colares foram utilizados juntamente com dados obtidos remotamente para avaliar, de forma preliminar, a possibilidade de extração de informação em sistema de produção extensiva de bovinos.

Os dados de mobilidade animal foram coletados nos dias 16 a 20/03/2009, 10 e 29/04/2009 e 13, 26 e 27/05/2009. Também foram utilizados dados meteorológicos (velocidade do vento, radiação e temperatura do ar) provenientes de estação do INMET instalada no município de Campo Grande, MS. Para

avaliar espacialmente as trajetórias dos animais foram utilizadas imagens Landsat 5 – TM, Geoeye-1 e WorldView-2 dos dias 11/05/2009, 09/10/2011 e 13/04/2013, respectivamente. As imagens foram utilizadas na obtenção do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e evapotranspiração (ET) da pastagem do piquete experimental. Para tanto, aplicou-se a metodologia detalhada em Andrade et al. (2012). Posteriormente, os mapas de NDVI e ET foram utilizados como plano de informação de fundo para avaliação da trajetória dos bovinos. Na Figura 1 tem-se as trajetórias realizadas pelos bovinos juntamente com o mapa de NDVI e de evapotranspiração real diária (ET) estimados a partir de imagem Landsat 5 TM em pastagens do campo experimental da Embrapa, Campo Grande, MS.

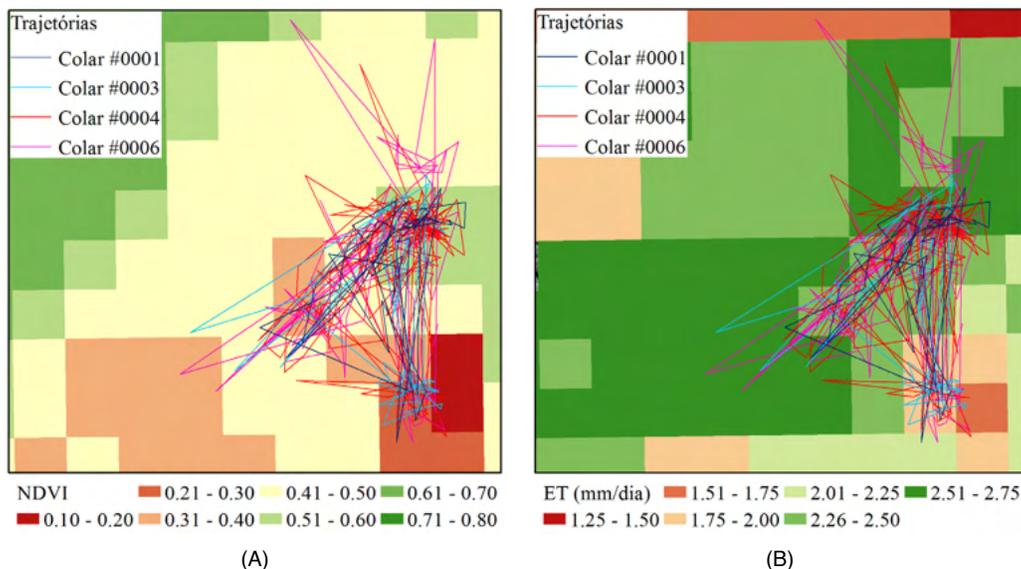



Figura 1 – Trajetórias realizadas pelos bovinos (colares #0001, #0003, #0004 e #0006) juntamente com os mapas de NDVI (a) e evapotranspiração real diária (ET, mm/dia) (b), estimado a partir de imagem Landsat 5 TM em 11/05/2009.

Para a pastagem do piquete experimental o NDVI variou de 0,20 a 0,65 (Figura 1a) e a ET oscilou entre 1,25 e 2,75 mm/dia (Figura 1b). Maiores valores de NDVI indicam melhor disponibilidade de alimento para o rebanho, no entanto, nota-se limitação quanto a resolução espacial da imagem Landsat 5 TM (30 metros) em pequenos piquetes de pastagens (< 10 ha). Nesse caso, as copas das árvores localizadas na pastagem influenciaram nos valores de NDVI e ET em alguns pixels. Um exemplo dessa influência foi verificado em pixels da imagem que representam a região geográfica do curral, que apresentaram valores superestimados tanto para o NDVI (0,51 a 0,60) quanto para a ET (2,26 a 2,55 mm/dia). Para piquetes de pastagens com dimensões inferiores a 10 hectares, as imagens de alta resolução espacial (pixels < 5 metros) pode ser uma alternativa mais interessante para

avaliar a relação entre a mobilidade dos bovinos e os parâmetros biofísicos das pastagens (HANDCOCK et al. 2009).

As Figuras 2a e 2b apresentam respectivamente o NDVI estimado a partir de imagem GeoEye-1 (09/10/2011) e WorldView-2 (13/04/2013), com tamanho de pixel menor que 2 metros. Nessas figuras é possível notar que os valores de NDVI superiores a 0,60 se destacaram principalmente em pixels representativos de copas de árvores. Essa questão ficou mais evidenciada na Figura 2a, em que é possível observar boa discriminação de classes com valores de NDVI que representam pasto (0,20 a 0,50), copas de árvores (NDVI > 0,60) e áreas construídas (curral, galpões, estradas, etc, com NDVI < 0,10). Nesse caso, provavelmente essa melhor separação entre pasto e vegetação arbustiva pode estar relacionada às variações climáticas sazonais da região, ou seja, em períodos de baixa precipitação o pasto possui maior restrição hídrica quando comparado com a vegetação arbustiva que possui sistema radicular mais profundo o que possibilita menor queda de vigor do dossel.

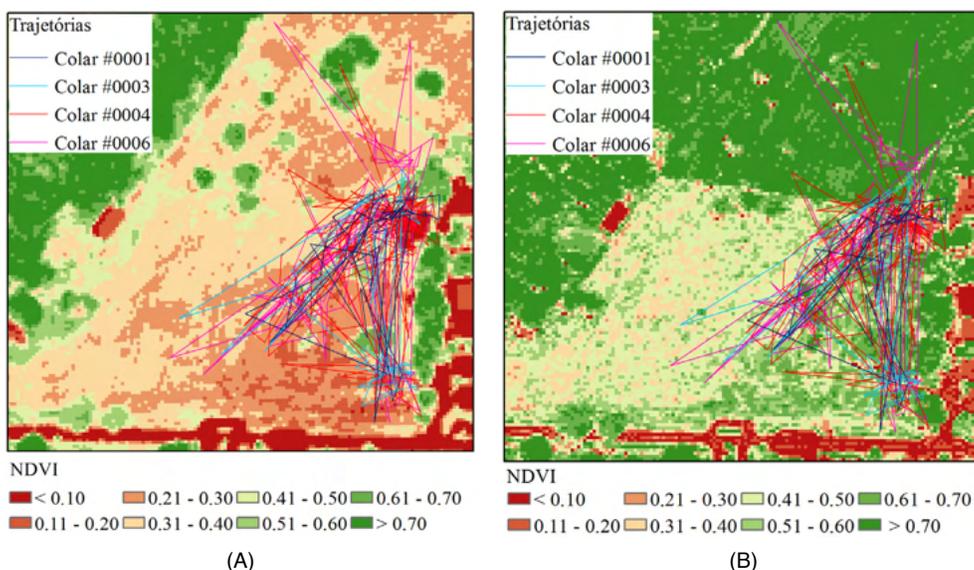



Figura 2 – Trajetórias realizadas pelos bovinos (colares #0001, #0003, #0004 e #0006) juntamente com os mapas de NDVI estimado a partir de imagem GeoEye-1 em 09/10/2011 (a) e WorldView-2 em 13/04/2013 (b).

Para o dia 13/04/2013 (Figura 2b), observa-se que o pasto apresentou valores de NDVI no intervalo de 0,30 a 0,78. Porém, nota-se que boa parte do pasto se distinguiu em dois intervalos de NDVI, sendo um intervalo com valores variando de 0,30 a 0,50 e o outro entre 0,50 e 0,78. Apesar dos dados de trajetórias dos bovinos serem do ano de 2009 e dos valores de NDVI apresentados nas Figuras 2a e 2b serem, respectivamente, para cenas

de 09/10/2011 e 13/04/2013, percebe-se destacadamente o potencial de aplicação dessas trajetórias para possíveis avaliações comportamentais dos bovinos em pastagem. Por exemplo, ao associar as trajetórias com o NDVI é possível avaliar se os animais realizaram pastejo em áreas do pasto com indicativo de alta biomassa vegetal e quanto tempo eles permaneceram nessas áreas de maior oferta de alimentos. Além disso, outras avaliações são possíveis, tais como avaliar a preferência por tipos de pasto. Nesse sentido, Handcock et al. (2009) utilizaram valores de NDVI para avaliar o comportamento dos bovinos por meio da aplicação do índice de preferência da paisagem (Landscape Preference Index - LPI) que é dado pela razão entre o tempo proporcional gasto na área de interesse e a proporção da área de interesse em relação a toda a área disponível. Os autores observaram variação no comportamento individual dos animais e também verificaram a preferência do gado para vegetação mais verde. No entanto, o LPI contrastou com o tempo total que os animais permaneceram nas áreas de pastagens com diferentes níveis de NDVI e, um exemplo disso, foram os altos valores de LPI próximos a cercas e portões e que são áreas de maior compactação do solo pelo pisoteio dos animais e que geralmente apresentam exposição do solo e, consequentemente, baixos valores de NDVI.

Por meio desse estudo de caso, buscou-se avaliar o potencial de aplicação da georrastreabilidade para gestão sustentável do rebanho. Os dados de mobilidade dos animais juntamente com imagens de satélite são promissores para avaliar o comportamento espaço-temporal dos bovinos e interações ambientais associadas à mobilidade, sendo possível observar a existência de um padrão comportamental comum dos animais. Nesse caso, os resultados obtidos revelam o potencial dessas informações para implementação de um robusto sistema de geodecisão da bovinocultura que possibilite determinar a origem espaço-temporal da produção e contribuir às boas práticas de produção leiteira e de corte, garantindo qualidade e segurança alimentar com sustentabilidade do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

*ANDRADE, R. G.; BATISTELLA, M.; PIRES, P. P.; VISOLI, M. C.; AMARAL, T. B. Geotraceability: An Innovative Strategy for Extraction of Information and an Aid for the Sustainable Cattle Raising. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, v. 6, p. 190-195, 2019.

ANDRADE, R. G.; SEDIYAMA, G. C.; PAZ, A. R.; LIMA, E. P.; FACCO, A. G. Geotecnologias aplicadas à avaliação de parâmetros biofísicos do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1227-1234, 2012.

BATISTELLA, M.; CARVALHO, G. R.; PIEROZZI JÚNIOR, I. Análise e tendências para o mercado de geoinformação no Brasil. In: BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. (Org). **Geoinformação e monitoramento ambiental na América Latina**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2008. 283 p.

BATISTELLA, M.; OMETTO; A.; VIAU, A.; CHUZEL, G. Geotraceability in agricultural chains, an urgent demand in Brazilian agribussiness. In: GLOBAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE PRODUCT DEVELOPMENT AND LIFE CYCLE ENGINEERING, 4., 2006, São Carlos, SP. **Proceedings...** São Carlos: Suprema, 2006. 5 p. 1 CD-ROM.

DEBORD, M.; VIAU, A.; CHAUCHARD, A.; TYCHON, B.; OGER, R.; DANET, V. **Geotraceability**: an innovative concept for the qualification of crop production. GeoTraceAgri Final Project Report (GTA). 2005, 24 p. IST-2001-34281. Disponível em: <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/94121/1/GeoTraceAgri_Finalreport_EN.pdf>. Acesso em: 07 out. 2021.

HANDCOCK, R. N.; SWAIN, D. L.; BISHOP-HURLEY, G. J.; PATISON, K. P.; WARK, T.; VALENCIA, P.; CORKE, P.; O'NEILL, C. J. Monitoring animal behavior and environmental interactions using wireless sensor networks, GPS collars and satellite remote sensing. **Sensors**, v. 9, p. 3586-3603, 2009.

CAPÍTULO 23

APLICAÇÃO DO SIG À SANIDADE ANIMAL: CASO DA ANEMIA INFECCIOSA EQÜINA*

Data de aceite: 15/12/2021

Astrid Paola Mattheis Cruz

Maria Helena Cosendey de Aquino

Michel José Sales Abdalla Helayael

Márcio Roberto Silva

João Batista Ribeiro

Marcos Cicarini Hott

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Juliana França Monteiro de Mendonça

Fúlvia de Fátima Almeida de Castro

Guilherme Nunes de Souza

A análise da distribuição espacial de doenças, endemias e zoonoses podem apoiar a tomada de decisão no âmbito urbano e rural, e a detecção de áreas de influência de doenças podem indicar zonas de fragilidade ou de risco para a transmissão de patógenos. A Anemia Infecciosa Equina (AIE) é uma doença de distribuição global e uma das principais doenças infecciosas que afetam negativamente a atividade de criação de equinos brasileiros. Essa doença causa muitos prejuízos, pois, na maioria dos territórios brasileiros, os animais positivos para AIE são obrigatoriamente sacrificados, segundo o Programa Nacional de Sanidade dos Eqüinos (Brasil, 2004). Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) podem apoiar sobremaneira o trabalho de avaliação da dispersão de patologias ou da distribuição de fatores sanitários.

A distribuição do vírus no Brasil varia substancialmente entre os estados e regiões. Algumas regiões apresentam baixos índices de infecção, como o Rio Grande do Sul, mas outras apresentam índices mais elevados, como as regiões centro-oeste e norte (REBELATTO et al., 1992; ALMEIDA et al., 2006). A prevalência de AIE não varia apenas dependendo da região ou estado, mas também de acordo com a atividade principal do animal e a ocorrência de transporte ilegal (ALMEIDA et al., 2017; MORAESs et al., 2017; BARZONI et al., 2018) Devido a esse fato, existe uma grande variação na prevalência de AIE no Brasil de acordo com as populações estudadas, com variações que variam de 0,43% a 46,26% (FREITAS et al., 2015; BAPTISTA et al., 2016).

As medidas de controle e prevenção do EIA adotadas pelo Serviço Veterinário Oficial do Estado do Rio de Janeiro (SVORJ) incluem a fiscalização da apreensão de equídeos que não tenham proprietários ao longo das vias públicas, triagem deles para EIA e sacrifício dos animais positivos. O objetivo deste estudo foi avaliar a soroprevalência de AIE em equídeos apreendidos em vias públicas no município de

Petrópolis, Estado do Rio de Janeiro, bem como a distribuição temporal e espacial dos animais soropositivos, no período de janeiro de 2015 a março de 2018.

Cento e sessenta e oito equídeos (cavalos, burros e mulas) foram apreendidos nas vias públicas do município de Petrópolis sem a presença do proprietário, de janeiro de 2015 a março de 2018. Após apreensão , 165 animais foram alojados em um curral de apreensão pertencente à Prefeitura de Petrópolis, onde foram submetidos a procedimentos de identificação e triagem para AIE. As informações obtidas dos animais incluiram data da apreensão, sexo, casaco, local da apreensão. Os equídeos com testes negativos foram recuperados pelo proprietário ou doados. Amostras de sangue para exames de AIE foram coletadas para diagnóstico por imunodifusão em gel de ágar (AGID) (BRASIL, 2004). A soroprevalência e seu respectivo intervalo de confiança de 95% (IC95%) foram calculados de acordo com PFEIFFER (2010).

O modelo com ajuste de Kernel foi usada para mapear a densidade de equinos AIE positivos e um mapa de razão de Kernel. Uma largura de banda de 5 km e um tamanho de célula de saída de 50 m foram usados para criar todos os mapas. O mapa foi produzido no SIG ArcGIS 9.3 (ESRI, Redlands, CA, EUA). A estimativa do risco para AIE e a estratégia para construção do modelo final de regressão logística foram determinadas conforme descrito por FRANKENA & GRAAT (1997). No modelo de regressão logística, a variável dependente foi o resultado do IDGA e as variáveis independentes foram sexo, ano, estação do ano e local de apreensão do animal obtida na ficha de identificação dos animais.

Os resultados da variável referente ao local de apreensão dos Equídeos foram classificados em duas categorias com base na proximidade entre os locais de apreensão e o número de animais apreendidos. Nesse sentido, foram identificadas duas regiões, sendo a primeira composta pelos bairros Correas, Itaipava, Nogueira, Bonsucesso e Madame Machado (Região 1). A segunda região compreendia os demais locais ou bairros indicados na ficha de identificação dos animais (Araras, Barão do Rio Branco, Benfica, Carangola, Cascatinha, Caxambu, Centro, Chácara das Rosas, Coronel Veiga, Fragoso, Frias, Jardim Salvador, Laginha , Lopes Trovão, Pedro do Rio, Praça da Liberdade, Quarteirão Brasileiro, Quitandinha, Retiro, Roseiral, Santa Mônica, São Sebastião, Secretário, Thouzet, Vale da Lua, Vale das Videiras, Vale do Cuiabá, Vale dos Esquilos, Vicenzo Rivetti e Vila Felipe) (Região 2). A época do ano foi categorizada de acordo com o mês em que os equídeos foram apreendidos, e os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril foram considerados a estação das chuvas, enquanto os meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro foram considerados a estação seca.

No período do estudo, 165 equídeos foram apreendidos em 39 locais diferentes (bairros ou locais não designados como bairros) em Petrópolis, RJ. Dos equídeos apreendidos, a identificação e a triagem para AIE foram realizadas em 165 (97,0%). Em relação ao sexo dos equídeos apreendidos, 57 (34,5%) eram do sexo feminino e 108

(65,5%) do masculino. O número de animais apreendidos ao longo dos anos mostrou que o maior número de equídeos (72 / 42,6%) foi apreendido em 2015, seguido de redução em 2016 (37 / 21,9%) e aumento em 2017 (42 / 24,9%); em 2018, 18 (10,7%) equídeos foram apreendidos e identificados até março. Em relação à época do ano, 94 (55,6%) e 75 (44,4%) equídeos foram apreendidos nos períodos chuvoso e seco, respectivamente.

A localidade Nogueira teve o maior número de equídeos apreendidos (38 / 22,6%), seguida por Carangola (14 / 8,3%), Bonsucesso (10 / 6,0%), Barão do Rio Branco (9 / 5,4%) e Correas (9 / 5,4%). Nas Regiões 1 e 2, respectivamente, foram apreendidos 67 (39,9%) e 101 (60,1%) equídeos. No entanto, as Regiões 1 e 2 representaram 5 (12,5%) e 35 (87,5%), respectivamente, do total de localidades identificadas em Petrópolis, RJ. As prevalências (11,5%) de AIE entre os equídeos foram consideradas altas, com intervalo de confiança de 95% variando de 6,6% a 16,4%. Um mapa com ajuste de Kernel mostrou que as áreas com a maior densidade de Equídeos AIE positivos presentes estavam no centro e a leste da área de estudo (Figura 1), enquanto o mapa de razão de Kernel identificou uma área de alto risco mais extensa no centro do região, juntamente com pequenas áreas nas regiões leste e norte da área de estudo.

As associações entre os resultados sorológicos e as informações obtidas dos animais individuais mostraram significância estatística para o local da crise ($P < 0,05$). Com base nos resultados das análises univariadas entre os resultados dos testes sorológicos para AIE e as informações obtidas dos animais individuais, as variáveis sexo e local da crise foram avaliadas em conjunto no modelo final de regressão logística. O modelo de regressão logística apresentou significância estatística ($P < 0,01$). A única variável identificada como fator de risco foi o local da crise epiléptica, especificamente Região 1 (OR = 3,6). Os resultados mostraram que o local de apreensão dos Equídeos foi o principal fator de risco para a AIA, especificamente a Região 1, que compreendeu as localidades / bairros de Correas, Itaipava, Nogueira, Bonsucesso e Madame Machado. Embora essa região representasse 12,5% das localidades, foram observados 68,4% (13/19) dos animais positivos nessa região.

Por outro lado, a região 2, que abrangeu as 34 localidades / bairros restantes, foi responsável por 87,5% das localidades identificadas no município e 31,6% (6/19) dos animais positivos. Essas informações, relacionando a associação de maior prevalência com determinada região de um município ou estado, podem ser cruciais para a tomada de decisão quanto ao controle, prevenção e erradicação da doença e para a manutenção das atividades de vigilância epidemiológica.

A apreensão de Equídeos, que estavam em trânsito e sem proprietários nas vias públicas de Petrópolis, RJ, possibilitou uma avaliação da situação epidemiológica da AIE nesta população específica de Equídeos. Geralmente, esses equídeos têm proprietários, mas esses proprietários podem não ter tido condições de alimentação, espaço ou cercas

adequadas e, por essas razões, os equídeos muitas vezes acabam fugindo ou sendo soltos em vias públicas. A triagem de Equídeos para AIE é realizada principalmente para fins de trânsito, pois um teste negativo é obrigatório para a emissão do Guia de Trânsito Animal (GTA). No entanto, ocorre o movimento irregular e ilegal e o comércio desses animais.

De acordo com BAPTISTA et al. (2016), a AIE é endêmica no estado do Rio de Janeiro, com ocorrências em todas as regiões do estado. De acordo com levantamento realizado de 2007 a 2011, a prevalência observada foi de aproximadamente 0,5%, o que é considerado baixo. No entanto, o estudo não mostrou a real prevalência para o estado, pois foram utilizados dados dos laboratórios que realizaram os testes sorológicos para GTA, que em sua maioria correspondem a animais que necessitaram do GTA para transporte. A prevalência estimada no estudo foi vinte vezes maior em relação ao estudo de BAPTISTA et al. (2016) no estado do Rio de Janeiro.

Estudo realizado no estado de Minas Gerais mostrou maior prevalência (14,9%) e; consequentemente, um risco maior para AIA na região norte / noroeste de Minas Gerais em comparação com a região centro-oeste de Minas Gerais e a região metropolitana de Belo Horizonte (1,4%) (Almeida et al., 2006). Apesar das diferenças nas características da população de equídeos entre o estudo de ALMEIDA et al. (2006) e no presente estudo, assim como no tamanho de um município em relação a um estado, uma variação na prevalência foi observada entre as áreas em ambos os estudos.

No entanto, MORAES et al. (2017) realizaram estudo sobre equídeos trabalhadores no Distrito Federal e encontraram prevalência de 1,81%. Porém, a prevalência no presente estudo foi 6 vezes maior do que a observada por MORAES et al. (2017), enfatizamos que os animais apreendidos neste estudo não foram apreendidos como animais errantes. No entanto, encontravam-se em situação semelhante à do presente estudo; ou seja, estavam percorrendo as ruas e sem rastreios constantes apesar de possuírem proprietários, aproximadamente 80% dos quais declararam ter conhecimento de AIE. Resultados dos estudos realizados no Distrito Federal, Minas Gerais e Rio de Janeiro mostraram que a situação epidemiológica da doença difere de acordo com a localização (estado) e função (animais de trabalho ou esporte / lazer) da população de equídeos estudada.

Após a apreensão dos Equídeos e preenchimento das informações individuais, foi possível a identificação do local da apreensão. Essas informações possibilitaram identificar os locais e / ou bairros de Petrópolis onde ocorreu o maior número de apreensões. Podem ser informações estratégicas para apoiar ações e campanhas localizadas de conscientização da população e dos proprietários sobre os riscos de acidentes e disseminação de doenças que podem ocorrer em decorrência da soltura de animais nas vias públicas. Entre os fazendeiros de Petrópolis, principalmente entre os proprietários de cavalos, sabe-se que o comércio irregular e ilegal de animais ocorre entre os municípios de Teresópolis e Petrópolis. Por fim, é importante ressaltar que esses cavalos soltos em vias públicas, independente do motivo,

e que não são submetidos à assistência veterinária, podem contribuir para a manutenção do agente e, consequentemente, influenciar no estado de saúde da região. Em função do serviço veterinário oficial do estado não possuir manejo dos animais apreendidos no âmbito do município, o estudo mostrou uma importante trajetória de parceria entre o serviço veterinário oficial estadual e municipal com foco no controle e prevenção de doenças.

A implantação e manutenção de apreensões de equídeos e posterior triagem de AIE no município de Petrópolis, RJ, têm se mostrado importantes para o controle e prevenção de AIE em Petrópolis devido à identificação e retirada de animais infectados das vias públicas. A prevalência de 11,8% para AIE foi considerada alta. A prevalência de AIE entre os equídeos apreendidos não variou de acordo com o ano. A identificação do local da apreensão na ficha de identificação dos animais possibilitou o delineamento dos locais em Petrópolis, RJ, que apresentam maior risco de animais AIE positivos.

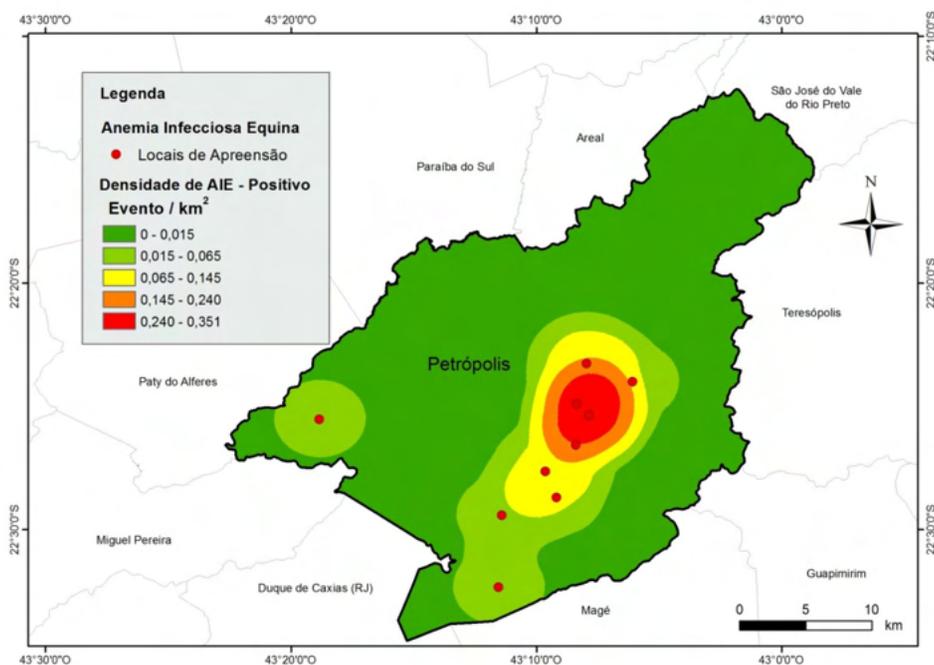



Figura 1 – Modelo com ajuste de Kernel para equideos positivos para anemia infecciosa eqüina positiva no município de Petrópolis, RJ, Brasil, 2015 a 2018 (largura de banda de 5 km, células de grade de 50 m)

REFERÊNCIAS

Almeida, V.M.A.; Gonçalves, V.S.P; Martins, M.F.; Haddad, J.P.A; Dias, R.A.; Leite, R.C.; Reis, J.K.P. Anemia infecciosa equina: prevalência em equídeos de serviço em Minas Gerais. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.58, n.2, p.141-148, 2006.

Almeida, V.M.A.; Oliveira, C.H.S.; Fiorillo, K.S.; Martins, M.F.; Leite R.C.; Reis, J.K.P.; Gonçalves, V.S.P. Prevalência da anemia infecciosa equina em haras de Minas Gerais, Brasil. **Semina: Ciência Agrária**, v.38, n.3, p.1335-1346, 2017.

Baptista, D.Q.; Bruhn, F.R.P; Rocha, C.M.B.M; Torres, F.C.; Machado, E.D; Sáfadi, T.; Pereira, S.M., 2016. Temporal series analyses in equine infectious anemia cases in the State of Rio de Janeiro, Brazil, 2007 to 2011. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v.38, n.4, 431-438, 2016.

Barzoni, C. S.; Nogueira, D.M.P.; Marques, G.D.; Diehl, G.N.; Pellegrini, D.C.P.; Brum, M.C.S. Equine infectious anemia in the western region of Rio Grande do Sul, Brazil. Ciência Rural. v. 48, n.6, p.e20170809, 2018.

Brasil. Instrução Normativa n. 45, de 15 de junho de 2004. Aprova as normas para a Prevenção e o Controle da Anemia Infecciosa Equina – AIE. **Diário Oficial [da] União***,* Brasília, DF, seção 1, p. 7.

*CRUZ, A. P. M., AQUINO, M. H. C., HELAYEL, M. A., SILVA, M. R., RIBEIRO, J. B., HOTT, M. C., MAGALHAES JUNIOR, W. C. P., MENDONÇA, J. F. M., CASTRO, F. F. A. SOUZA, G. N. Seroprevalence for equine infectious anaemia in Equidaes eized in the municipality of Petrópolis, State of Rio de Janeiro, Brazil, 2015/2018. In: Ciência Rural, Santa Maria, v.50, n.4, e20190073, 2020.

Frankena, K.; Graat, E.A.M., **Multivariate analysis: logistic regression**. In: Noordhuizen, J.P.T.M.; Frankena, K.; Van der Hoofd, C.M.; Application of quantitative methods in veterinary epidemiology. First ed. Wageningen: Wageningen Pers, p. 135-178, 1997.

Freitas, N.F.Q.R.; Oliveira, C.M.C.; Leite, R.C.; Reis, J.K.P.; Oliveira, F.G.; Bomjardim, H.A.; Salvarani, F.M.; Barbosa, J.D. Equine infectious anemia on Marajo Island at the mouth of the Amazon river. Pesquisa Veterinária Brasileira, v.35, n.12, p.947-950, 2015.

Moraes, D.D.A.; Gonçalves, V.S.P.; Mota, A.L.A.A.; Borges, J.R.J. Situação epidemiológica da anemia infecciosa equina em equídeos de tração do Distrito Federal. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.37, n.10, p.1074-1078, 2017.

Pfeiffer, D.U. **Veterinary epidemiology: an introduction**. First ed. Wiley-Blackwell, Ames, 2010.

Rebelatto, M.C.; Oliveira, C.; Weiblen, R.; Silva, S.F.; Oliveira, L.S.S. Serological diagnosis of equine infectious anaemia virus infection in the central region of the Rio Grande do Sul state. **Ciência Rural**, v.22, n.2, 179-196, 1992.

CAPÍTULO 24

APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA FENOTIPAGEM DE FORRAGEIRAS*

Data de aceite: 15/12/2021

Ricardo Guimarães Andrade

Marcos Cicarini Hott

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Juarez Campolina Machado

Domingos Sávio Campos Paciullo

A avaliação de fenótipos em programas de melhoramento genético vegetal avança vertiginosamente em conjunto com as tecnologias de sensoriamento remoto e da informação (RAHAMAN et al., 2015; FENG et al., 2021). Verifica-se uma gama de possibilidades nos levantamentos de precisão e de alto rendimento em benefício da fenotipagem de forrageiras, objetivando-se o melhoramento genético das plantas em resposta aos cenários demográficos e climáticos presentes e futuros (CHEN et al., 2014; LI et al., 2014; RAHAMAN et al., 2015; SWAEF et al., 2021). À luz da genômica se torna de fundamental importância a fenotipagem em larga escala, onde o levantamento de características desejáveis produz grande volume de dados relacionáveis à genes de interesse, configurando-se na ciência fenômica (SANTOS; YASSITEPE, 2014). Esta ciênciapode sobremaneira reverter-se em ganhos e evoluir com o surgimento de equipamentos de sensoriamento remoto aéreo e terrestre, em termos de maior agilidade e menor custo nos levantamentos de estresses (DEERY et al., 2014), bem como na avaliação do estado nutricional, vigor e produtividade das plantas (XUE e SU, 2017; SILVA JUNIOR et al., 2018; SILVA et al., 2020). Plataformas de fenotipagem em larga escala (terrestre ou aérea, por exemplo) são implantadas de forma a fornecerem dados em diferentes escalas espaciais e temporais com possibilidade de obter respostas às diversas questões biológicas com precisão, agilidade e rigor científico. Para tanto, um grande volume de dados pode ser gerado e muitas das vezes se faz necessário a aplicação de técnicas mais robustas para análise dos dados, tais como algoritmos de aprendizagem de máquinas (SINGH et al., 2016). No entanto, há inúmeras opções de ferramentas de aprendizagem de máquinas, sendo que a seleção do método vai depender do tipo de problema ou questão a ser respondida, envolvendo esforços multidisciplinares na verificação da melhor configuração do sistema em virtude do alto custo. Experimentos de campo, em maior extensão territorial, demandam enorme custo nos estudos de fenotipagem, e com isto o ferramental em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e sensoriamento remoto pode apoiar na melhoria das análises e na redução de custos. A necessidade de experimentação não destrutiva, econômica e em grande escala torna as tecnologias de sensoriamento remoto e de

processamento de dados fundamentais para a melhoria da performance e eficiência da fenotipagem vegetal (SOUSA et al., 2015). A partir dos dados de sensoriamento remoto pode-se reconstruir ambientes e até espécimes de plantas no plano computacional, por meio de avançados softwares de processamento de imagens (LI et al., 2014). Aliado ao melhoramento genético, no manejo agropecuário são muito úteis os SIG's que operam atribuindo localização geográfica ao objeto de estudo, contribuindo assim para a incorporação de inteligência na tomada de decisão, formando grandes bancos de dados, os quais podem ser dispostos em Big Data, disponíveis para um grande conjunto de procedimentos analíticos na avaliação da vegetação.

As espécies forrageiras, normalmente, se localizam em extrato herbáceo-arbustivo complexo formado por gramíneas e leguminosas, cuja estrutura anatômica aumenta a demanda por precisão, atrelada à dificuldade inserida no sistema produtivo pela ocorrência de invasoras, pragas, degradação e superpastejo animal. Todas essas variáveis tornam o sensoriamento remoto e a análise acurada das faixas eletromagnéticas indispensáveis para a implantação de um projeto de fenotipagem em larga escala para as forrageiras utilizadas no Brasil. Nas Figura 1A e 1B têm-se exemplo da aplicação da tecnologia de plataformas Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para monitoramento de parcelas experimentais de capim-elefante.

Figura 1 – Imagem mosaico RGB (A) e o NDVI (B) estimado para área central de parcelas experimentais de capim-elefante, para o dia 26 de fevereiro de 2019.

Na imagem-mosaico RGB (Figura 1A) observa-se variabilidades nos tons de verde e a exposição de solo de fundo em algumas parcelas. Já na imagem com estimativa do índice NDVI (Figura 1B) fica evidente as variações do índice tanto dentro de cada parcela quanto entre as parcelas. Essas variações podem estar relacionadas a diferenças de vigor,

exposição de solo dentro de cada área útil das parcelas e que podem ser imperceptíveis por um observador no campo, mas sobretudo à diferenças de caracteres morfo-fisiológicos e adaptativos de cada genótipo. A Figura 2A mostra uma imagem-mosaico RGB de área com *Brachiaria ruziziensis* (cv. Kennedy) em que é possível observar espacialmente a variabilidade da forrageira com regiões mais esverdeadas indicando maior biomassa ou com maior vigor e regiões com manchas em tons de marrom que podem apresentar exposição de solo ou vegetação seca ou estressada. Na Figura 2B tem-se o mapa do índice NDRE (*Normalized Difference Red Edge*). Nota-se a boa sensibilidade do índice na identificação de regiões com vegetação vigorosa ou maior concentração de biomassa, bem como das regiões onde há exposição de solo e vegetação seca ou estressada e que apresentam os menores valores de NDRE.

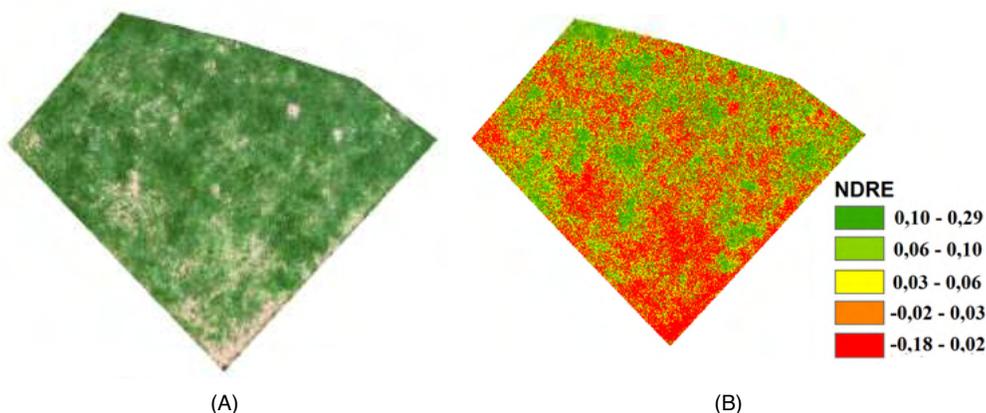



Figura 2 – Imagem mosaico RGB (A) de área com *Brachiaria ruzizienses* - cultivar Kennedy e mapa do índice NDRE (B), para o dia 14 de novembro de 2018.

A descrição de aspectos fenotípicos em forrageiras, em grande escala, perpassa pela capacidade, acuidade e agilidade na derivação de variáveis biofísicas por meio das novas geotecnologias e excelência no treinamento de equipes multidisciplinares, pois a forma expedita na condução de experimentos e extração de informações por meio de sensores pode influenciar na acurácia dos resultados obtidos, e consequentemente os ganhos de seleção (ARAUS et al., 2021). Destaca-se ainda que aplicação das imagens de sensores remotos e a implementação de algoritmos/modelos, possibilita a obtenção rápida de um grande volume de dados, o que abre caminho para a estratificação de extensas áreas destinadas a fenotipagem, as quais podem ser objeto de investigações acuradas, em etapas posteriores (FENG et al, 2021). As novas tecnologias disponíveis em sensoriamento remoto e a popularização de equipamentos de geolocalização abriram espaço para a fenotipagem de forrageiras em grande escala, desde os procedimentos de campo de alto rendimento

até levantamentos preliminares, os quais norteiam a utilização de equipamentos de maior precisão, equilibrando os custos e investimentos na detecção de fenótipos de interesse de forrageiras, dispostas em extensas pastagens, piquetes e capineiras ou em pequenas parcelas experimentais, manejados de acordo com os sistemas de produção adotados. O desenvolvimento de procedimentos em SIG, sensores e equipamentos de campo aplicados à biofísica vegetal é constante, e a pesquisa em fenotipagem de forrageiras com o uso de geotecnologias para levantamentos em larga escala, provavelmente, se valerá de novas abordagens em um futuro próximo.

REFERÊNCIAS

*ANDRADE, R. G., HOTT, M. C., MAGALHAES JUNIOR, W. C. P. Fenotipagem de forrageiras a campo em larga escala. In: MACHADO, J. C., AZEVEDO, A. L. S., PEREIRA, J. F. Melhoramento de forrageiras na era genômica. Brasília: Embrapa, 2019. 207-238.

ARAUS, J. L.; KEFAUVER, S. C.; ZAMAN-ALLAH, M.; OLSEN, M. S.; CAIRNS, J. E. Translating high-throughput phenotyping into genetic gain. **Trends in Plant Science**, v. 23, n. 5, p. 451-466, 2018.

CHEN, D.; NEUMANN, K.; FRIEDEL, S.; KILIAN, B.; CHEN, M.; ALTMANN, T.; KLUKAS, C. Dissecting the phenotypic components of crop plant growth and drought responses based on high-throughput image analysis. **The Plant Cell**, v. 26, p. 4636-4655, 2014.

DEERY, D.; JIMENEZ-BERNI, J.; JONES, H.; SIRAULT, X.; FURBANK, R. Proximal Remote Sensing Buggies and Potential Applications for Field-Based Phenotyping. **Agronomy**, v. 4, n. 3, p. 349-379, 2014.

FENG, L.; CHEN, S.; ZHANG, C.; ZHANG, Y.; HE, Y. A comprehensive review on recent applications of unmanned aerial vehicle remote sensing with various sensors for high-throughput plant phenotyping. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 182, 106033, 2021.

LI, L.; ZHANG, Q.; HUANG, D. A review of imaging techniques for plant phenotyping. **Sensors**, v. 14, n. 11, p. 20078-20111, 2014.

RAHAMAN, M. M.; CHEN, D.; GILLANI, Z.; KLUKAS, C.; CHEN, M. Advanced phenotyping and phenotype data analysis for the study of plant growth and development. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, article 619, p. 1-15, 2015.

SANTOS, T. T.; YASSITEPE, J. E. C. **Fenotipagem de plantas em larga escala: um novo campo de aplicação para a visão computacional na agricultura**. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; ROMANI, L. A. S. (Ed.). Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 5. p. 85-100.

SINGH, A.; GANAPATHYSUBRAMANIAN, B.; SINGH, A. K.; SARKAR, S. Machine Learning for High-Throughput Stress Phenotyping in Plants. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 2, p. 110-124, 2016.

SILVA, E. E.; BAIO, F. H. R.; TEODORO, L. P. R.; DA SILVA JUNIOR, C. A.; BORGES, R. S.; TEODORO, P. E. UAV-multispectral and vegetation indices in soybean grain yield prediction based on in situ observation. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 18, 100318, 2020. doi: https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100318

SILVA JUNIOR, C. A.; NANNI, M. R.; SHAKIR, M.; TEODORO, P. E.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; CEZAR, E.; GOIS, G.; LIMA, M.; WOJCIECHOWSKI, J. C.; SHIRATSUCHI, L. S. Soybean varieties discrimination using non-imaging hyperspectral sensor. **Infrared Physics & Technology**, v. 89, p. 338-350, 2018.

SOUSA, C. A.; CUNHA, B. A. D. B.; MARTINS, P. K.; MOLINARI, H. B. C.; KOBAYASHI, A. K.; SOUZA JUNIOR, M. T. Nova abordagem para a fenotipagem de plantas: conceitos, ferramentas e perspectivas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, número especial, p. 660-672, 2015.

SWAEF, T.; MAES, W.; APER, J.; BAERT, J.; COUGNON, M.; REHEUL, D.; STEPPE, K.; ROLDÁN-RUIZ, I.; LOOTENS, P. Applying RGB-and Thermal-Based Vegetation Indices from UAVs for High-Throughput Field Phenotyping of Drought Tolerance in Forage Grasses. **Remote Sensing**, v. 13, n. 1, 147, 2021. doi: 10.3390/rs13010147.

XUE, J.; SU, B. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. **Journal of Sensors**, v. 2017, 1353691, 2017. doi: 10.1155/2017/1353691.

SOBRE OS AUTORES

ASTRID PAOLA MATTHEIS CRUZ - Médica veterinária, mestre em Medicina Veterinária na área de concentração em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal, Serviço Veterinário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Niterói, RJ

CARLOS AUGUSTO DE MIRANDA GOMIDE - Engenheiro Agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

CARLOS EUGÊNIO MARTINS - Engenheiro Agrônomo, doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

CELSO BANDEIRA DE MELO RIBEIRO - Engenheiro Civil, doutor em Engenharia Agrícola, professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG

DANIEL DE OLIVEIRA LOPES - Estudante de Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG

DENIS TEIXEIRA DA ROCHA - Zootecnista, mestre em Economia Aplicada, analista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

DOMINGOS SÁVIO CAMPOS PACIULLO - Engenheiro Agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

DUARTE VILELA - Engenheiro Agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

FLÁVIO RODRIGO GANDOLFI BENITES - Engenheiro Agrônomo, doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

FÚLVIA DE FÁTIMA ALMEIDA DE CASTRO - Estudante de medicina veterinária, Universidade Presidente Antônio Carlos, Juiz de Fora, MG

GLAUCO RODRIGUES CARVALHO - Economista, PhD em Economia Agrícola, pesquisador na Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

GUILHERME DE MORAIS BARBOSA - Estudante de Ciência da Computação, Universidade Federal de Juiz de Fora, MG

GUILHERME NUNES DE SOUZA - Médico veterinário, doutor em Epidemiologia Veterinária, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG, Professor do Programa de Pós-graduação em Clínica e Reprodução Animal, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ

JACKSON SILVA E OLIVEIRA - Engenheiro Agrônomo, PhD em Nutrição, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

JOÃO BATISTA RIBEIRO - Biólogo, doutor em Microbiologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

JOSÉ LUIZ BELLINI LEITE -Engenheiro Civil, PhD em Economia Rural, analista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

JUAREZ CAMPOLINA MACHADO - Engenheiro Agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

JULIANA FRANÇA MONTEIRO DE MENDONÇA - Médica veterinária, mestre em Medicina Veterinária na área de concentração em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal, Faculdade de Medicina Veterinária UNIVERSO, Juiz de Fora, MG

LEONARDO GOLIATT DA FONSECA - Engenheiro Civil, doutor em Modelagem Computacional, professor da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG

LETÍCIA D'AGOSTO MIGUEL FONSECA - Geógrafa, mestre em Agronomia, doutora em Ciência do Sistema Terrestre, analista na Empresa Imagem – Soluções de Inteligência Geográfica, São José dos Campos, SP

MÁRCIO ROBERTO SILVA - Médico veterinário, doutor em Epidemiologia e Saúde Pública, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

MARCOS CICARINI HOTT - Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

MARIA GABRIELA CAMPOLINA DINIZ PEIXOTO - Médica Veterinária, doutora em Ciência Animal, pesquisadora da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

MARIA HELENA COSENDEY DE AQUINO - Médica veterinária, doutora em Microbiologia, Professora do Programa de Pós-graduação em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ

MATEUS BATISTELLA - Biólogo, PhD em Ciências Ambientais, pesquisador da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP

MICHEL JOSÉ SALES ABDALLA HELAYAEL - Médico veterinário, doutor em Sanidade Animal, Professor do Programa de Pós-graduação em Clínica e Reprodução Animal, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ

PEDRO COSME DE ARAÚJO - Estudante de Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG

PÉRSIO SANDIR D'OLIVEIRA - Engenheiro Agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

RICARDO GUIMARÃES ANDRADE - Engenheiro Agrícola, doutor em Agronomia (Meteorologia Aplicada), pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

VICTOR MUIÑOS BARROSO LIMA - Bacharel em Informática, mestre em Engenharia de Sistemas e Computação, analista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

VICTOR REZENDE FRANCO - Estudante de doutorado em Modelagem Computacional, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG

WALTER COELHO PEREIRA DE MAGALHÃES JUNIOR - Economista, mestre em Ciência da Computação, analista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

SOBRE OS ORGNIZADORES

MARCOS CICARINI HOTT - Doutor em Engenharia Florestal e pesquisador da Embrapa desde 2004, desenvolveu projetos de pesquisa em gestão territorial e meio ambiente, com ênfase em geoprocessamento e cenários em mapeamento de Áreas de Preservação Permanente. Atualmente lidera projetos e atividades de pesquisa na área de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados à avaliação das condições de pastagens, inteligência territorial e em áreas correlatas aos estudos da cadeia leiteira.

RICARDO GUIMARÃES ANDRADE - Doutor em Agronomia (Meteorologia Aplicada) e pesquisador da Embrapa desde 2008. Na pesquisa, tem experiência em Agrometeorologia, Climatologia Agrícola, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Trabalha, atualmente, em projetos de pesquisas envolvendo agrometeorologia, recursos hídricos e aplicação de geotecnologias voltadas para a identificação, mapeamento e monitoramento da agricultura e pecuária em diferentes escalas.

WALTER COELHO PEREIRA DE MAGALHÃES JUNIOR - Mestre em Ciência da Computação e analista da Embrapa Gado de Leite desde 1989, trabalhou em diversos projetos na área de banco de dados, desenvolvimento de softwares e redes de computação. Desde 2016 atua na área de banco de dados geográficos, sensoriamento remoto e geoprocessamento de imagens orbitais e por VANT, com ênfase na pesquisa aplicada à agricultura e cadeia do leite.

GEOTECNOLOGIAS

Aplicações na Cadeia Produtiva do Leite

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ano 2022

GEOTECNOLOGIAS

Aplicações na Cadeia Produtiva do Leite

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ano 2022